

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

Composição hidroquímica das fontes termais da
bacia hidrográfica do rio Calientes (Candarave -
Peru). Análise geoquímica e implicações ambientais

VITOR COSTA SILVEIRA

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Recursos Minerais e
Hidrogeologia para obtenção do
título de Mestre

Área de concentração:
Hidrogeologia e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujianni Sígolo

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP

Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a)
via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação:
Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-8/6658

Costa Silveira, Vitor

Composição hidroquímica das fontes termais da
bacia hidrográfica do rio Calientes (Candarave -
Peru). Análise geoquímica e implicações ambientais /
Vitor Costa Silveira; orientador Joel Barbujiani
Sígolo. -- São Paulo, 2019.

72 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Recursos Minerais e Hidrogeologia) -- Instituto
de Geociências, Universidade de São Paulo, 2019.

1. Geoquímica. 2. Hidroquímica. 3. Fontes Termais.
4. Peru. 5. Candarave. I. Barbujiani Sígolo, Joel,
orient. II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Composição hidroquímica das fontes termais da bacia
hidrográfica do Rio Calientes (Candarave - Peru). Análise
geoquímica e implicações ambientais**

VITOR COSTA SILVEIRA

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo

Dissertação de Mestrado

Nº 842

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Joel Barbujani Sígolo

Dra. Tatiana Luiz dos Santos Tavares

Dra. Wanda Maria Risso Günther

SÃO PAULO
2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família, pelo apoio nesse período. Ao meu orientador Joel, pela oportunidade e confiança no trabalho, além de discussões pertinentes sobre o tema. Ao Prof. Roberto e sua equipe pela coleta dos dados. Aos colegas da USP, Ingrid, Aline, Mauri, Bárbara, Tiago e aos integrantes da banda Stereo Roca, que fizeram esse período mais leve e divertido.

RESUMO

Assim como em outros locais da Cordilheira dos Andes, as fontes termais da bacia hidrográfica do rio Calientes (Candarave - Peru) apresentam conteúdo hidroquímico preocupante. Com concentrações de As = 9,3 mg/L; Sb = 1,4 mg/L; Li = 9,7 mg/L; B = 55,9 mg/L; Hg = 0,12 mg/L, além de valores anômalos de Mn, Cs e Rb. Essas águas contribuem para o reservatório natural da Lagoa Aricota, utilizado pela população local para consumo domiciliar e agrícola. Tais concentrações estão acima dos padrões de referência estabelecidos pela resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e não estão em conformidade com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), com uma série de potenciais danos à saúde de quem as consome. Esse conteúdo anômalo de elementos potencialmente tóxicos pode gerar desde problemas renais e cardíacos até maior probabilidade de surgimento de câncer. Os elementos As, Sb, Li e B apresentam assinaturas geoquímicas de concentração muito semelhantes e grande correlação com o ânion sulfato, levando a crer que tais elementos podem estar como compostos sulfatados.

Palavras-chave: Fontes termais, hidroquímica, geoquímica, rio Calientes, Candarave, Aricota, arsênio, boro, lítio, antimônio, mercúrio.

ABSTRACT

As many locations in the Andes, the hot springs of the Calientes river basin (Candarave-Peru) have an alarming hydrochemical content. With concentrations of As = 9.3 mg/L; Sb = 1.4 mg/L; Li = 9.7 mg/L; B = 55.9 mg/L; Hg = 0.12 mg/L, and anomalous values of Mn, Cs and Rb, these waters contribute to the Aricota Lagoon, a natural reservoir, used by the local population for household and agricultural use. Such concentrations are above the potability standards established by National Environmental Council (CONAMA) Resolution 357 and are not in conformity with World Health Organization (WHO) recommendations, with a number of potential health hazards to those who consume them. This anomalous content of potentially toxic elements can include from kidney and heart problems to increased likelihood of cancer. The elements As, Sb, Li and B have very similar geochemical concentration signatures and a strong correlation with the sulfate anion, leading to the belief that these elements may be sulfated compounds.

Key-words: Hot springs, hydrochemistry, geochemistry, Calientes river, Candarave, Aricota, arsenic, boron, lithium, antimony, mercury.

Sumário	
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	4
4.1 Hidrografia	4
4.2 Clima e Precipitação	5
4.3 Geologia Regional	6
4.4 Geologia Local	10
5. ESTUDOS ANTERIORES	10
5.1 Região de Candarave	10
5.2 Outras localidades dos Andes	12
6. LEGISLAÇÃO INCIDENTE	13
7. MATERIAIS E MÉTODOS	14
7.1 Coleta das amostras	14
7.2 Análise química das amostras	15
7.3 Tratamento dos resultados	15
7.4 Comparação com os limites estabelecidos pelo CONAMA	16
7.5 Correlação geoquímica dos elementos	16
7.6 Identificação do perigo à saúde humana	16
8. RESULTADOS	17
9. DISCUSSÕES	19
9.1 Toxicologia E Comparação Com Os Limites Da Resolução Conama 357	21
9.1.1 Antimônio	21
9.1.2 Arsênio	23
9.1.3 Boro	25
9.1.4 Lítio	28
9.1.5 Mercúrio	30
9.1.6 Manganês	32
9.1.7 Césio	34
9.1.8 Rubídio	36
9.2 Correlação Geoquímica	39
9.2.1 Calcófilos	40
9.2.2 Siderófilos	44

9.2.3 Litófilos	46
9.2.4 Elementos potencialmente tóxicos	49
10. POSSÍVEIS FORMAS DE REMEDIAÇÃO	50
11. CONCLUSÕES	51
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXO 1 – Tabela 1	57
ANEXO 2 – Tabela 2	65

1. INTRODUÇÃO

A porção Sul do Peru possui grande ocorrência de fontes termais associadas a atividades vulcânicas. Essas feições naturais são caracterizadas pela surgência de águas de alta temperatura (Figura 1) e que podem conter elementos em concentrações potencialmente tóxicas ao ser humano. A província de Candarave (Departamento de Tacna) é uma das regiões afetadas por esse fenômeno, associado ao contexto geotectônico da região de arco magmático, sendo encontrados nessa província dois vulcões ativos, o Tutupaca e o Yucamane.



*Figura 1 - Fonte termal encontrada no vale do Rio Calientes, na província de Candarave (Peru).
Fonte: DondeTacna.com*

Segundo Steinmüller et al. (1997), a região do sul do Peru apresenta diversos pontos de hidrotermalismo contemporâneo, sendo definidas seis regiões hidrotermais. A área de estudo está localizada na região de Tutupaca, relacionada à atividade do vulcão homônimo. Segundo Marinque Llerena (2013), cerca de 8200 pessoas vivem nas proximidades (até 70 km) do vulcão Tutupaca.

Apesar do potencial turístico e da possibilidade de geração de energia geotérmica, existe o problema ambiental relacionado ao conteúdo químico das águas termais de Candarave (Steinmüller et al., 1997). As águas emanadas seguem o fluxo das drenagens,

alimentando os córregos e rios utilizados por parte da população local para uso doméstico, agrícola e industrial. Esta dissertação de mestrado, portanto, visa determinar os teores e correlacionar química e geoquimicamente os elementos presentes nas águas termais do vale do Rio Calientes, um dos principais rios da província e que serve de abastecimento de água para parte da população ribeirinha da região. Os resultados obtidos foram comparados com padrões estabelecidos pela resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), visto que no Peru o Decreto Supremo 002/2008 do *Ministerio del Ambiente* (MINAM) não abrange todos os elementos possivelmente tóxicos. Dessa forma, pretende-se determinar o dano potencial à saúde das populações locais que consomem tais águas sem qualquer tratamento.

2. OBJETIVOS

Esta dissertação de mestrado tem como objetivo, em primeiro momento, analisar o conteúdo hidroquímico das fontes termais do Rio Calientes e suas implicações à saúde pública. Correlacionam-se as concentrações de determinados elementos químicos (As, B, Li, Hg, Sb, Mn) com valores limites de restrição brasileiras (Resolução 357/2005 do CONAMA). Da mesma forma são consideradas as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS ou WHO na língua inglesa) quanto ao potencial dano associado a tais elementos nas concentrações encontradas.

Também tem como objetivo fazer a correlação química e geoquímica dos metais e metaloides presentes nessas águas termais, agrupando os elementos de comportamento semelhante. Quando possível, são avaliados os ânions que podem estar acompanhando esses metais/metaloides, em especial aqueles de concentrações potencialmente tóxicas.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada próxima à tríplice fronteira (Peru/Bolívia/Chile) na borda da bacia hidrográfica do Rio Calientes, na província de Candarave, região de Tacna (Figura 2).

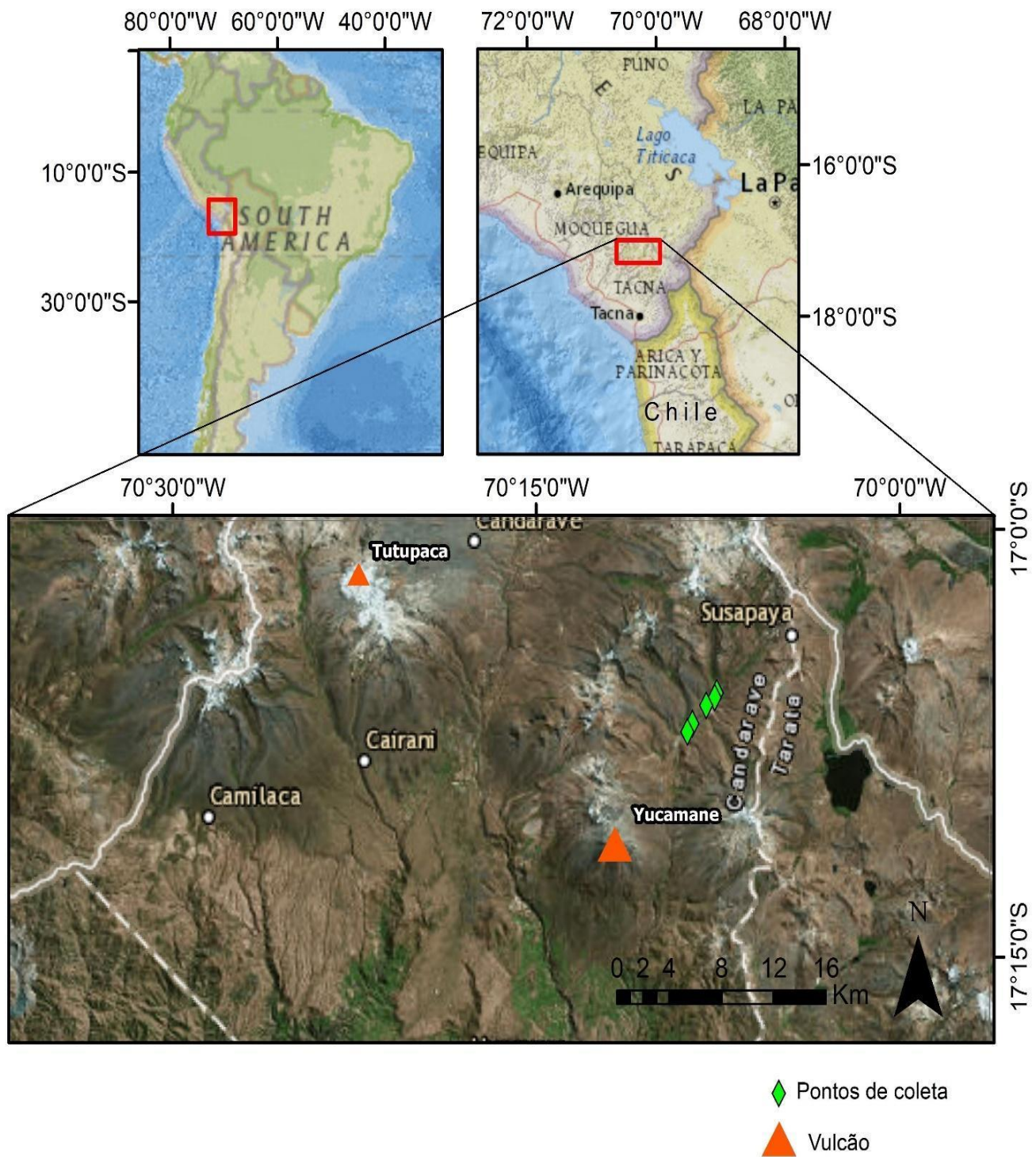


Figura 2 - Localização da área de estudo indicando os pontos de coleta preliminares.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 Hidrografia

A área de estudo abrange a região das fontes termais do Rio Calientes. Este rio está inserido na parte leste da bacia hidrográfica do Rio Locumba, que é subdividida nas sub-bacias Callazas-Candarave a oeste e Salado-Calientes a leste.

No encontro das duas sub-bacias há a ocorrência de uma lagoa natural, denominada Aricota (Figura 3). As suas águas são aproveitadas desde 1967 para abastecimento e geração de energia hidrelétrica. Devido às condições climáticas adversas da região, este reservatório acaba sendo superexplorado pela população local (Cutipa Condori, 2016).

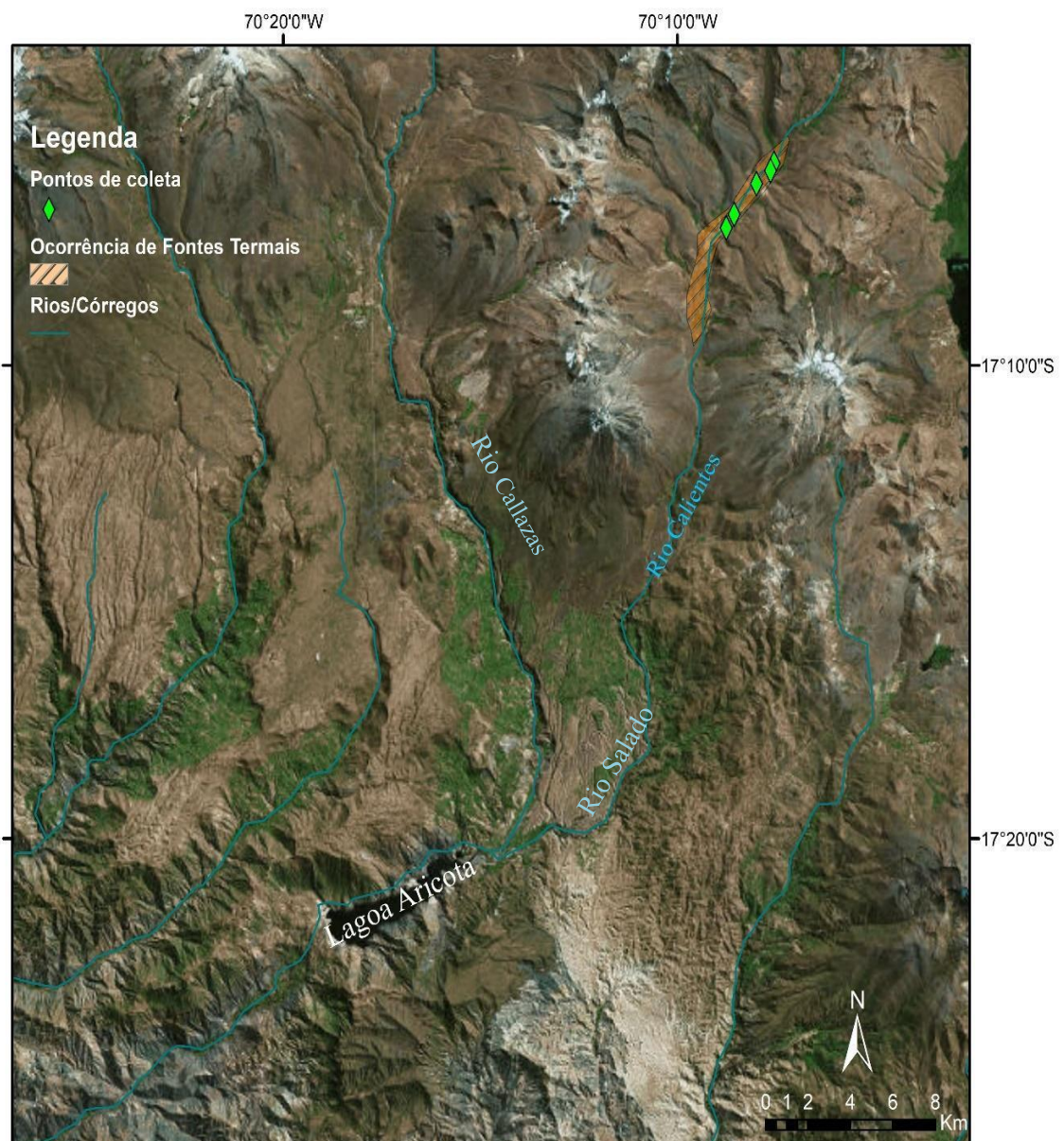


Figura 3 - Localização da Lagoa Aricota junto às fontes termais do Rio Calientes. Fonte: ArcGis BaseMap

4.2 Clima e Precipitação

Segundo o Climate-Data, o município de Candarave encontra-se em um clima desértico frio (BWk na Classificação de Köppen). A estação pluviométrica de Candarave (Coordenadas 17°16'16 "S e 70°15'14"O) obtém registros desde 1964 e está na altitude de 3415 metros, distando cerca de 22 km das fontes termais. Com média anual de **163,4 mm** de precipitação, há um padrão bem definido de chuvas durante o ano, com as chuvas concentradas entre os meses de dezembro e março. A figura 4 indica a média histórica para cada mês em um histórico de 1964 a 2010.

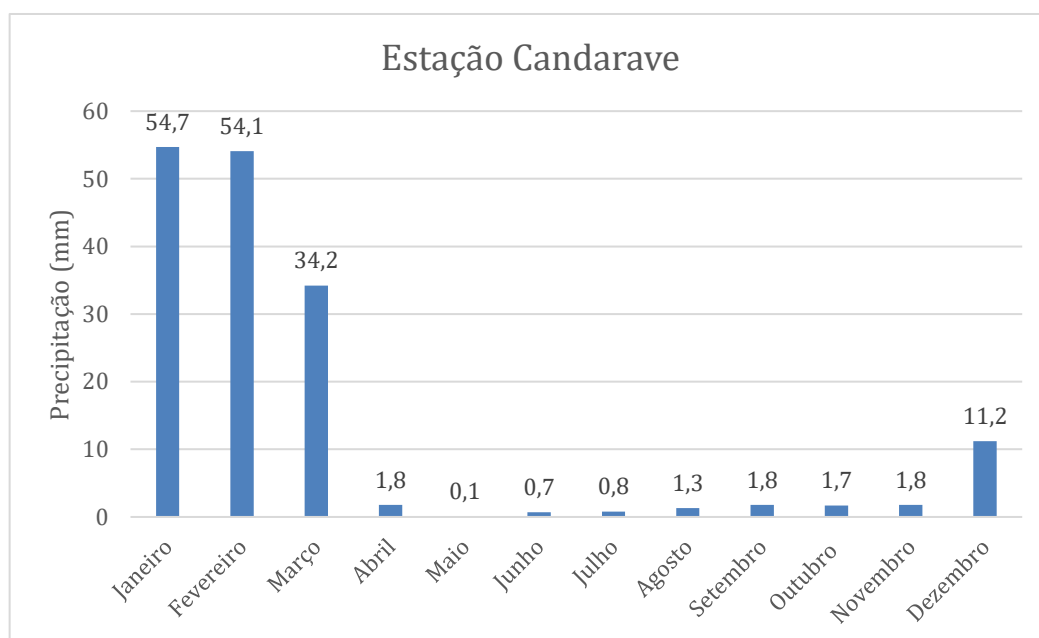


Figura 4 - Precipitação mensal média na Estação Pluviométrica de Candarave. Fonte: Cutipa Condori (2016).

4.3 Geologia Regional

A área de estudo está no contexto geológico da Cordilheira dos Andes (Porção Ocidental), em que a placa de Nazca (oceânica) está em processo de subducção com a placa Sul-Americana (continental). A região de Tacna está localizada na região central a centro-sul da cordilheira, próximo à deflexão do direcionamento principal deste orógeno (de NW-SE para N-S), denominado de “Arica Elbow” (Siltoe, 1974).

Com intenso magmatismo desde o fim do Cretáceo (Steinmuller et al., 1997), e por consequência uma grande atividade hidrotermal, as litologias presentes são essencialmente vulcano-sedimentares (Figuras 5 e 6). A região é denominada de Zona Vulcânica Central dos Andes, sendo uma das regiões com maior atividade vulcânica recente, com o registro de erupções de pelo menos sete vulcões desde a colonização espanhola (Manrique Llerena, 2013).

O Grupo Toquepala compreende as formações Chulluncane, Toquepala, Tarata e Huilacollo. Com idades entre 45 e 72 Ma, posicionado no Cretáceo Superior (Manrique Llerena, 2013) e constituído por um conjunto de rochas vulcânicas intercaladas com sedimentos grosseiros, com presença de derrames, brechas de fluxo e piroclásticos de composição andesítica, dacítica e riolítica (Jaén La Torre, 1965; Steinmuller et al., 1997).

A formação Huaylillas compreende uma sequência de ignimbritos dacíticos a riolíticos com idades entre 12 e 24 Ma, posicionando-se no Mioceno Inferior a Mioceno Superior (Manrique Llerena, 2013). Está subdividido nos membros Chubiraca (inferior) e Huanara (superior), sendo o primeiro constituído essencialmente de tufos, compostos essencialmente por feldspatos fragmentados, grãos de quartzo, vidro e biotita, enquanto que o segundo compreende tufos (de composição semelhante ao M. Chubiraca), derrames e brechas dacíticas e riolíticas (Jaén La Torre, 1965).

A formação Sencca é composta por tufos de coloração branca, brechoides e com abundantes cristais de quartzo, sanidina e inclusões de pedra-pómez e fragmentos de andesito (Jaén La Torre, 1965). Possui idades entre 4.9 e 1.4 Ma, posicionando-se no Plioceno Inferior ao Plioceno Superior (Manrique Llerena, 2013).

O Grupo Barroso compreende as rochas vulcânicas mais recentes, sendo dividido por Jaén La Torre (1965) em dois membros. O membro inferior é constituído predominantemente por lavas andesíticas de textura porfirítica de coloração cinza escura, azulada ou marrom. Apresenta fenocristais de hornblenda. O membro superior é composto

por derrames traquiandesíticos e traquíticos de coloração cinza escura e marrom. Apresenta textura porfiróide e contém abundantes cristais de sanidina. São frequentes intercalações com brechas e tufos. O vulcanismo teria origem no Plio-Pleistoceno (Jaén La Torre, 1965).

A partir do Quaternário, há ocorrência de diversos outros depósitos, especialmente aqueles relacionados a atividade dos vulcões Yucamane e Tutupaca.

O vulcão Yucamane é um estrato-vulcão e membro mais recente do complexo vulcânico Chico-Calientes-Yucamane. De caráter essencialmente andesítico, tem duas fases bem definidas de atividade. A última fase teve comportamento efusivo com fluxos de lava datados em 0.38 ± 0.3 Ma. A.P e com evidências de depósitos piroclásticos de cerca de 3.700 anos A.P (Rivera & Mariño, 2004).

O vulcão Tutupaca é um conjunto de estrato-vulcões que compreende 3 edifícios: Tutupaca Basal, Tutupaca Oeste e Tutupaca Recente. As últimas erupções se deram há cerca de 200 anos e seus depósitos apresentam petrografia homogênea, com rochas calco alcalinas, fortemente potássicas, de composição dacítica.

Os outros depósitos quaternários incluem aqueles provenientes de processos sedimentares distintos, como fluviais, eólicos, glaciais, fluvio-glaciais, bioquímicos e até mesmo antropogênicos, ou seja, decorrentes da atividade humana.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDADE (MA)	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS		
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	0.01	Depósito Antropogênico	Q-an	Mina de enxofre abandonada
				Depósito eólico	Q-eo	Areias quartzosas bem selecionadas
		PLEISTOCENA	2.58	Depósito Biogênico	Q-bi	Solos supersaturados
				Depósito aluvial	Qh-al	Blocos de fundo de vale
				Depósito proluvial	Q-pl	Fragmentos rochosos heterométricos
				Depósito glacial	Q-gl	Morenas com blocos rochosos heterométricos subarredondados
				Depósito glacial-fluvial	Q-fl	Blocos e clastos com matriz argilosa
				Depósito químico	Q-qm-s	
				Depósito vulcânico-piroclástico	Qp-vi-pl	
	NEÓGENO	PLIOCENA	5.33	Grupo Barroso	NQ-b	
				Formação Capillune	Np-ca	Piroclastos, cinzas laminadas e tufos
				Formação Sencca	Np-se	Tufos em matriz de cinzas vulcânicas
		MIOCENA	23.03	Formação Huaylillas	Nm-huay	Tufos líticos brechosos com piroclastos
				Formação Huilacollo	Nm-hui	Piroclastos de blocos e clastos andesíticos
				Formação Tarata	Superior	P-ta/s
	Inferior	P-ta/i	Fluxo de blocos e clastos vulcânicos			
	PALEÓGENO	EOCENA	38.0	Formação Moquega	Inferior	Pp-mo/i
PALEOCENA						

Figura 5 - Litoestatigrafia da área de estudo, retirado do mapa geológico do quadrângulo de Tarata. Fonte: INGEMMET (2016).

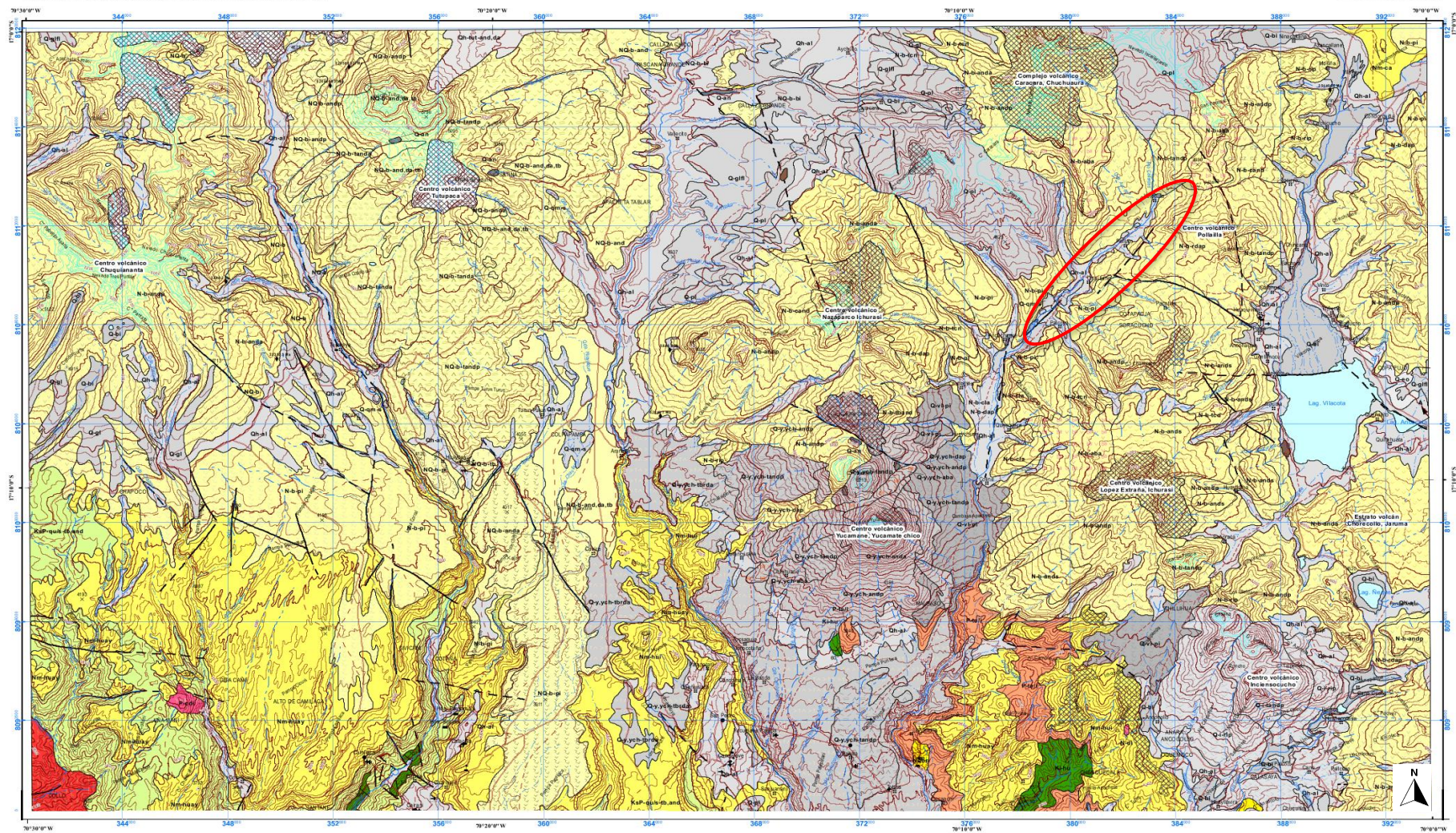


Figura 6 - Mapa Geológico do Quadrângulo de Tarara com destaque em vermelho para a área das fontes termais. Fonte: INGENMET (2016).

4.4 Geologia Local

As águas termais que são foco deste trabalho ocorrem junto aos depósitos aluvionares do Rio Calientes e as rochas vulcânicas do Grupo Barroso. Há a presença de falhas locais, junto ao leito do Rio Calientes, de direção NE-SW e N-S (Figura 7). Apesar de terem dimensões diminutas, podem ser a explicação para a ocorrência de fontes termais, uma vez que os fluidos magmáticos tendem a ascender pelas zonas preferenciais criadas pelo sistema de falhas.

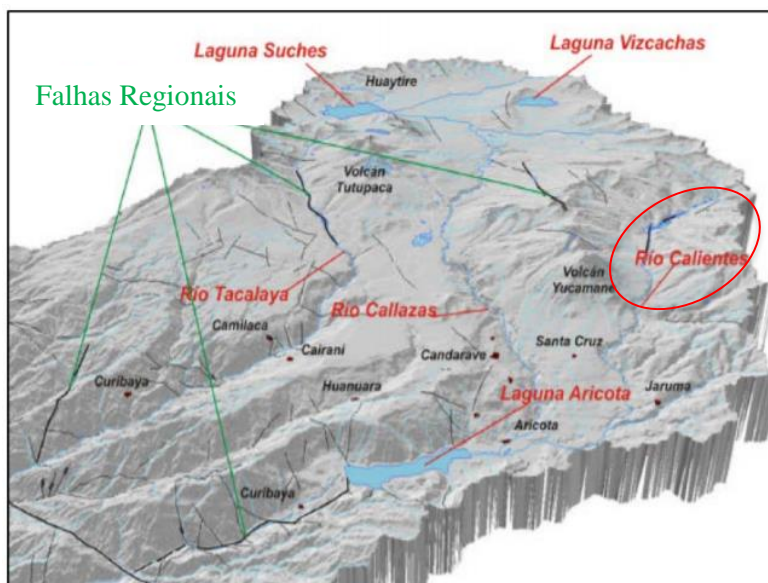


Figura 7 - Falhas presentes na região de Candarave, com destaque em vermelho para as falhas do Rio Calientes. Fonte: Cutipa Condori (2016).

5. ESTUDOS ANTERIORES

5.1 Região de Candarave

Uma grande parcela dos estudos na região é baseada no potencial desta área para o aproveitamento de energia geotermal (Steinmuller et al., 1997; Barragàn et al., 1999; Cruz & Matsuda, 2008; Cruz & Matsuda, 2015; Arellano Montañes & Noé Villata, 2016), sendo que poucos alertam para a provável toxicidade dessas águas.

As águas termais do Rio Calientes apresentam temperaturas na ordem de 150°-190° C no reservatório (Steinmuller et al., 1997) e pH neutro (Barragàn, 1999). Com essas temperaturas há maior transporte de elementos como As, B e Li, com análises químicas indicando valores de As = 1-10,9 mg/L; B = 3,6mg/L; Li = 1,7-14 mg/L (Steinmuller et al., 1997), tornando essas águas impróprias ao consumo humano. Barragàn (1999) também descreve valores de lítio no rio Calientes na ordem de 14 mg/L.

Estudos com isótopos estáveis mostram que as águas termais do rio Calientes teriam como origem a mistura de fontes magmáticas e meteóricas e são classificadas como águas cloradas sódicas ou cloradas alcalinas (Cruz & Matsuda, 2008).

Arellano Montañes & Noé Villata (2016) analisaram as fontes termais próximas ao vulcão Tutupaca, inseridas no mesmo contexto geológico das fontes termais do rio Calientes. Os autores afirmam que o calor da câmara magmática do vulcão Tutupaca aquece as águas presentes nos aquíferos confinados das formações Huaylillas e Huilacollo, estimulando a ascensão por zonas de fraqueza, como falhas geológicas e planos de fraturas associados às rochas encaixantes. Esses fluidos, então, podem ser misturados com águas meteóricas, e posteriormente afloram na forma de fontes termais (Figura 8). Segundo registros da estação pluviométrica de Candarave são registrados cerca de 163 mm por ano de chuvas na região (Figura 4), ou seja, um valor relativamente baixo, mas que pode ter certa influência na mistura de fluidos, como já evidenciado pelos estudos de isótopos estáveis de Cruz & Matsuda (2008).

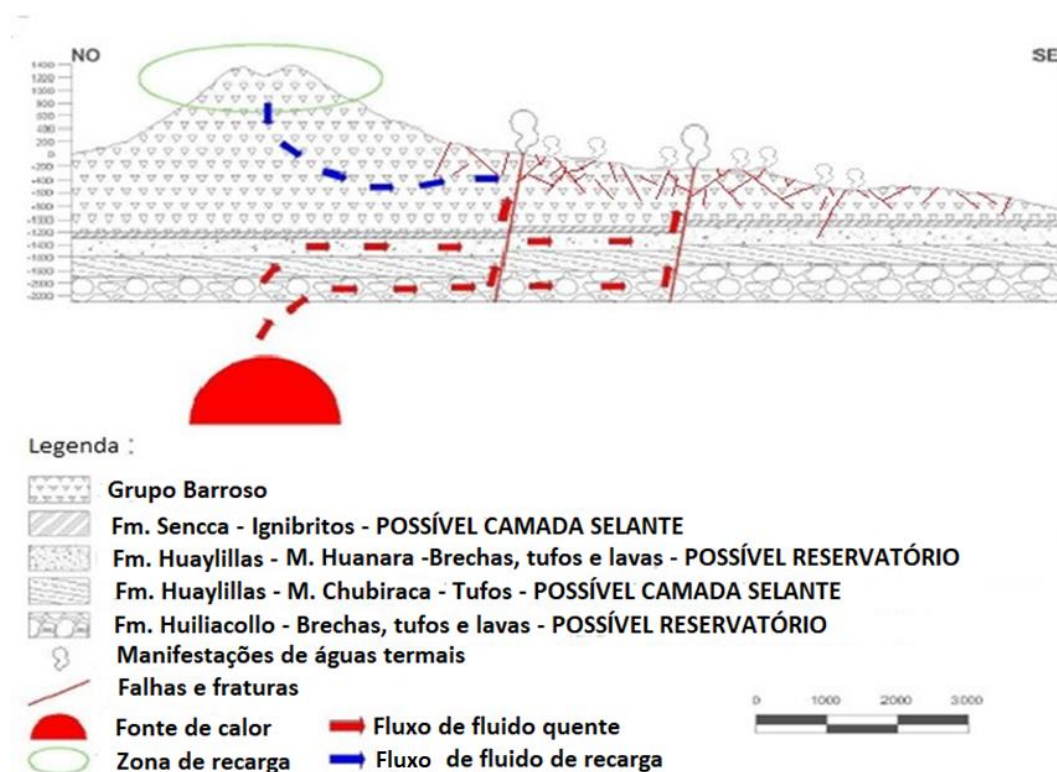


Figura 8 - Modelo simplificado da origem das águas termais presentes na região do vulcão Tutupaca, modificado de Arellano Montañes & Noé Villata (2016).

Lopez & Quispe (2017) analisaram as águas do rio Callazas (Figura 3) e obtiveram concentrações de 0,5 mg/L de arsênio e 3,4 mg/L de boro na parte baixa do rio e utilizada para consumo humano através de pontos de captação. Com diversas fontes, que incluem

águas de degelo na parte alta e rios com fontes termais nos setores intermediários, os valores máximos obtidos no rio Callazas chegam a 2,57 mg/L de arsênio e 15,32 mg/L de boro.

Franco et al. (2012) analisaram o conteúdo hidroquímico de diversos rios da bacia do rio Locumba, no qual se incluem amostras nos rios Callazas, Salado, Curibaya, Ilabaya e Locumba. Os dois primeiros são de maior interesse para este trabalho, pois estão à montante da Laguna Aricota e exibiram concentrações na ordem de 0,9 mg/L de arsênio e 4,8 mg/L de boro para ambos os rios. O rio Salado é a continuação do rio Calientes, após a contribuição de tributários, e com grande influência de águas de degelo que podem diluir as concentrações presentes no rio Calientes.

De Esparza (2006) alerta para o consumo de águas com altas concentrações de arsênio em vários locais da América do Sul, dentre eles a Laguna de Aricota (Figura 3). É atribuída a influência dos seus rios tributários Salado e Callazas, que incorporam esse elemento da atividade hidrotermal do vulcão Yucamane.

5.2 Outras localidades dos Andes

Foi alertada a exposição a concentrações elevadas de lítio por populações do norte do Chile (Figuroa et al., 2012), região com contexto geológico similar à área de estudo. Utilizado como medicamento para distúrbios psicológicos, como bipolaridade, não se sabe ainda as consequências da exposição ao lítio para esses indivíduos, inclusive as possíveis adaptações que sofreram, uma vez que estão expostos a esse elemento há muitas gerações.

O estudo de Harari et al. (2015) foi realizado no norte da Argentina e analisou a influência do consumo de águas com altas concentrações de lítio, céσιο, arsênio e boro nas funções da tireoide durante a gravidez, uma vez que as funções dessa glândula são determinantes no desenvolvimento de fetos. As concentrações de lítio na água para consumo variaram entre 0,53 e 1,66 mg/L, as de céσιο entre 0,0001 a 0,71 mg/L e de arsênio entre 0,00082 a 0,32 mg/L. Os resultados indicaram relação direta entre os valores de lítio e TSH (Hormônio estimulante da tireoide) no sangue de 194 mulheres. Os resultados também indicaram que altos níveis de céσιο no sangue são relacionados a baixos níveis de T3, algo descrito como inédito na literatura médica. Por outro lado, arsênio e boro não apresentam relação com parâmetros da tireoide.

Na região norte do Chile também são relatados altos valores de boro na água de consumo doméstico. Cortes et al. (2011) realizaram uma avaliação no conteúdo de boro presente nas águas de torneira e engarrafada consumidas pela população local, assim como

o da urina de voluntários. Com resultados indicando valores muito acima dos limites recomendados por órgãos de saúde internacionais, os autores propõem uma reflexão acerca do monitoramento das concentrações de boro e os possíveis efeitos adversos à saúde. Este tema ainda é muito controverso na comunidade médica, não existindo um consenso quanto ao real efeito tóxico deste elemento, com indicativos de uma possível relação com desordens no sistema reprodutivo (Sayle et al, 1998).

No trabalho de Concha et al. (2010) é analisada a qualidade das águas de abastecimento no norte da Argentina. São descritos valores altos de lítio, boro, arsênio, céσιο e rubídio, ou seja, os mesmos elementos que são foco deste trabalho. Os autores ressaltam que pouco se sabe sobre o risco do consumo crônico destes elementos, com exceção do arsênio, que está presente em diversas localidades do mundo e tem uma base bibliográfica mais ampla. O contexto geológico e populacional da região norte da Argentina é muito semelhante ao caso peruano, com águas de origem termal destinadas para fins domésticos e de agricultura. Dessa forma, além da ingestão direta pelo consumo da água, existe também a acumulação nos alimentos, pois as plantações são regadas em grande parte com essa mesma água.

6. LEGISLAÇÃO INCIDENTE

A análise de parâmetros de potabilidade envolve uma série de questões e peculiaridades locais. De maneira geral, é esperado que os órgãos de saúde de cada país regulem e determinem os limites considerados aceitáveis para sua população.

Ao analisarmos a legislação peruana identificamos que Decreto Supremo 002/2008 do *Ministerio del Ambiente* (MINAM) enquadra-se como a principal lei de padrões de potabilidade. O grande problema é que esse decreto não abrange todos os elementos possivelmente tóxicos.

Da mesma forma, a Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde do Brasil também é limitada quanto ao número de elementos analisados, entendendo que apenas poucos metais apresentam um possível dano à saúde.

De fato, as duas leis supracitadas abrangem os metais com maior descrição na literatura acerca de danos à saúde. Arsênio, mercúrio, antimônio estão presentes na grande maioria das legislações nacionais e seu consumo é comprovadamente prejudicial. No entanto, devido à peculiaridade da província de Candarave, com fontes termais como uma

das poucas origens de água para consumo, elementos como boro e lítio apresentam concentrações anômalas, algo visto em poucos locais do mundo.

Diante desse fato, é necessário a busca por classificações que abranjam esses elementos. No Brasil, a resolução 357/2005 do CONAMA se apresentou como a mais completa lei desse gênero. Além disso os valores apresentados nessa resolução para os elementos Antimônio, Arsênio e Mercúrio são os mesmos que o da Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde.

7. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados neste trabalho são baseados na coleta de amostras de águas termais, na análise química das amostras, no tratamento dos resultados, na correlação geoquímica dos elementos, na comparação com os limites máximos estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA aqui no Brasil e na avaliação de adequação à saúde humana do consumo dessas águas.

7.1 Coleta das amostras

As amostras de água foram coletadas pelo Prof. Roberto Castellanos Cabrera, professor pesquisador da Faculdade de Ciências da Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann e sua equipe de Tacna. Sua participação nesse projeto deve-se ao convênio estabelecido com o IGc da Universidade de São Paulo e essa instituição no Peru. A figura 9 exibe o mapa de pontos coletados em duas etapas de campo, sendo a primeira no mês de julho de 2016 e a segunda no mês de novembro de 2016. Ao todo foram coletadas 40 amostras, sendo 20 na primeira etapa e 20 na segunda, infelizmente sem uma padronização dos pontos de coleta entre as duas etapas.

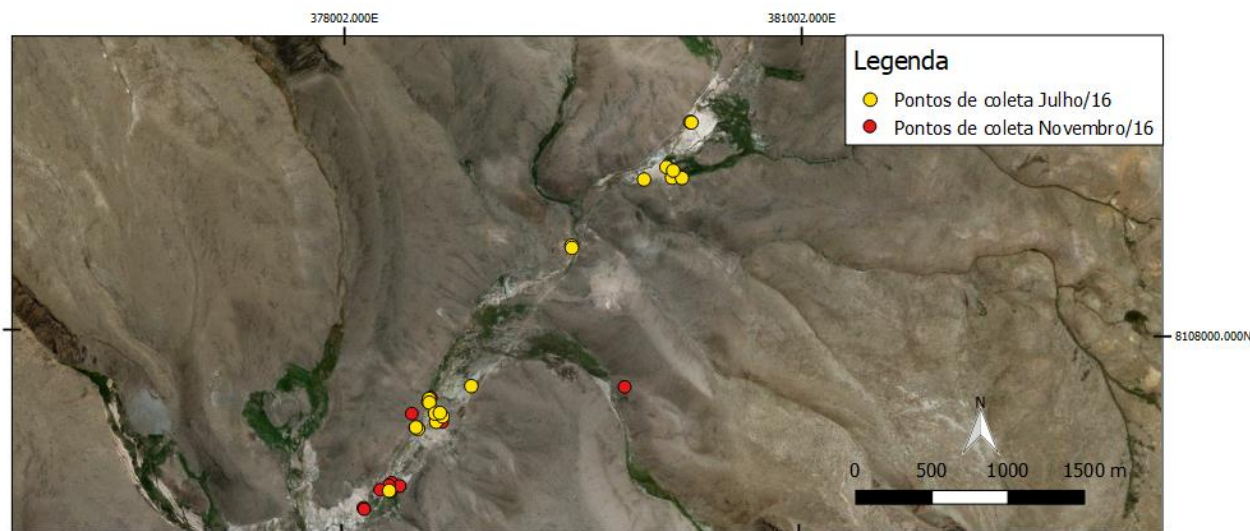


Figura 9 - Mapa dos pontos de coleta de amostras, realizadas em duas etapas, Julho/16 (Amarelo) e Novembro/16 (Vermelho).

7.2 Análise química das amostras

As amostras foram encaminhadas para análise química na empresa Société Générale de Surveillance (SGS), filial de Arequipa (Peru), segundo sugestão do Professor Roberto Castellanos Cabrera, e seguem critérios de determina o analíticos equivalentes ao que são utilizadas de forma confiável e creditada por laboratórios aqui no Brasil. Os resultados de análises obtidos encontram-se apresentados nos Anexo 1 e 2.

O método de análise utilizado para determina o de metais totais   o de Espectrometria de Massa por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS). Este método apresenta um bom limite de detec o para a grande maioria dos elementos de caráter tóxico em meio aquoso, sendo este um dos métodos mais empregados atualmente para esta finalidade. Infelizmente não houve a preocupa o de se testar a confiabilidade dos resultados produzindo duplicatas e triplicatas por parte dessa colabora o de pesquisadores peruanos.

Foram também utilizados os métodos de Cromatografia I nica para a determina o de ânions inorgânicos e, especialmente, para o bicarbonato foi utilizado o método de Determina o de Alcalinidade por Titula o.

7.3 Tratamento dos resultados

Os resultados das análises químicas foram separados e tabelados segundo critérios de localiza o, data de coleta e conteúdo químico. A partir disso, as amostras mais discrepantes (*outliers*) foram rejeitadas, no caso apenas uma amostra da primeira etapa.

Também foram elaborados mapas de localização dos pontos, a partir das coordenadas indicadas pelo Prof. Roberto Cabrera. Os softwares utilizados para elaboração dos mapas foram o ArcMap e o QGIS. Os mapas base aplicados foram os fornecidos pelos próprios softwares, como Googles Maps, Bing e National Geographic.

7.4 Comparação com os limites estabelecidos pelo CONAMA

Os resultados obtidos foram comparados com os padrões estabelecidos pela resolução número 357 da CONAMA de águas doces utilizadas para consumo humano e em emprego na agricultura, após tratamento simplificado (Classe 1). Foram elaborados gráficos comparativos entre os resultados obtidos das amostras e o respectivo limite da resolução CONAMA na referida classificação. O software utilizado foi Microsoft Excel.

7.5 Correlação geoquímica dos elementos

Foram elaborados diagramas de Schoeller tentando correlacionar os diversos elementos presentes nas análises, separando-os segundo padrões de teores. Ou seja, os membros foram agrupados em relação ao seu comportamento químico e o provável ânion que acompanha esse grupo de elementos. O software utilizado foi o Microsoft Excel.

7.6 Identificação do perigo à saúde humana

Foi revisada a literatura médica e de saúde pública, e foram feitas observações de possíveis malefícios associados à utilização dessas águas para os fins mencionados e sua adequação aos critérios de potabilidade.

8. RESULTADOS

As análises químicas das amostras coletadas encontram-se exibidas na Tabela 1 (Anexo 1) e Tabela 2 (Anexo 2). Foram analisados 48 metais/metaloídes, 3 ânions (sulfato, bicarbonato e nitrato) e parâmetros físico-químicos.

Diversos cátions não apresentaram valores significativos e, portanto, não foram considerados neste trabalho. Estes elementos são: berílio, bismuto, cádmio, cério, cobre, estanho, fósforo, háfnio, itérbio, lantânio, lutécio, nióbio, níquel, prata, chumbo, selênio, tântalo, telúrio, titânio, tório, tungstênio, urânio, vanádio, zinco e zircônio. O ânion nitrato também não apresentou valores significativos.

Desta forma, foram considerados os metais/metaloídes: alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cálcio, cério, estrôncio, ferro, gálio, germânio, lítio, magnésio, manganês, mercúrio, molibdênio, potássio, rubídio, silício, sódio e tálio. Também foram considerados os ânions sulfato e bicarbonato.

Ao analisar com profundidade os valores obtidos, e tomando como base os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (Classe 1), é possível perceber que alguns cátions apresentam concentrações extremamente altas e que podem comprometer a saúde de quem as consumir. Enquadram-se nesta categoria os cátions antimônio, arsênio, boro, lítio, mercúrio e manganês. Segundo a resolução CONAMA 357 os valores máximos desses elementos são: As:0,01 mg/L; B:0,5 mg/L; Li: 2,5 mg/L, Sb: 0,005 mg/L; Hg: 0,0002 mg/L; Mn: 0,1 mg/L.

Os elementos cério e rubídio não possuem valores de referência na resolução CONAMA 357, porém apresentam concentrações muito elevadas em relação à média encontrada em outros rios do mundo. Dessa forma, serão feitas discussões acerca dos problemas de saúde que podem causar. Seguindo-se o princípio da precaução, eles também foram incluídos neste trabalho.

Outros elementos apresentam concentrações consideráveis, no entanto não apresentam valores com potencial de danos à saúde. É possível citar nesta categoria os cátions cálcio, sódio e potássio.

A Tabela 3 exemplifica a situação descrita, pois apresenta a média aritmética simples das concentrações desses metais/metaloídes da primeira etapa de campo (julho/2016), o limite CONAMA, e a razão obtida entre a média e o limite CONAMA.

Tabela 3 - Valores médios (mg/L) dos elementos potencialmente tóxicos das amostras de julho/2016 e comparação com o limite CONAMA 357.

	Média	CONAMA	Média/CONAMA
Antimônio Total	1,484	0,005	296,40
Arsênio Total	8,02	0,01	807,18
Césio Total	2,62		
Lítio Total	11,10	2,5	4,36
Boro Total	54,76	0,5	109,09
Mercúrio Total	0,0014	0,0002	7,16
Manganês Total	0,1004	0,1	1,00
Rubídio Total	1,30		

Fonte: Resolução 357 da CONAMA

Da mesma forma a Tabela 4 apresenta os mesmos critérios para a segunda etapa de campo (novembro/2016).

Tabela 4 - Valores médios (mg/L) dos elementos potencialmente tóxicos das amostras de novembro/2016 e comparação com o limite CONAMA 357.

	Média	CONAMA	Média/CONAMA
Antimônio Total	1,3230	0,005	264,59
Arsênio Total	10,5288	0,01	1052,87
Césio Total	2,7301		
Lítio Total	8,2718	2,5	3,30
Boro Total	56,93	0,5	113,86
Mercúrio Total	0,00136	0,0002	6,77
Manganês Total	0,14965	0,1	1,49
Rubídio Total	0,9020		

Fonte: Resolução 357 da CONAMA

9. DISCUSSÕES

Já era esperado que a grande maioria das análises apresentassem concentrações elevadas de alguns elementos tóxicos, uma vez que existem relatos na literatura já citados neste trabalho. No entanto, as amostras coletadas indicaram valores ainda mais alarmantes, como exibidos nas tabelas 1 a 4.

A Tabela 1 (Anexo 1) refere-se às amostras coletadas no mês de julho de 2016. Esse período do ano é caracterizado pela quase ausência de precipitação, como indicado na Figura 4. Esse fator é de grande importância, pois como a origem das fontes termais é associada a mistura de fluidos magmáticos e meteóricos, a ausência de chuvas resulta em uma menor diluição dos fluidos magmáticos. Dessa forma, as concentrações dos elementos analisados neste trabalho tenderiam a ser maiores nessa época do ano.

A Tabela 2 (Anexo 2) refere-se às amostras coletadas no mês de novembro de 2016. Esse período, apesar de não estar no período chuvoso do ano (Figura 4), deveria apresentar valores de precipitação ligeiramente mais altos que o período de junho, e que poderiam diluir a concentração dos elementos químicos analisados.

Apesar desse padrão, o ano de 2016 apresentou outro cenário. Infelizmente a estação de Candarave, que apresenta a série histórica (desde 1964) para a região (Figura 4) não obteve dados nesse período. Apesar disso, foram realizadas medições pela estação meteorológica de Villacota (Coordenadas: 17° 7'3"S e 70° 3'3"O), que é mais nova e inclusive mais próxima das fontes termais, distante apenas 8 km.

As estações de Aricota (Coordenadas: 17°19'32.2"S e 70°14'7.3"O) e Suspaya (Coordenadas: 17°21'3.60"S e 70° 8'0.00"O), ambas a cerca de 25 km das fontes termais também obtiveram dados no ano de 2016. Os dados das três estações estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados de precipitação mensal das estações Villacota, Aricota e Susapaya no ano de 2016.

Estação Villacota (2016)		Estação Aricota (2016)		Estação Susapaya (2016)	
Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)
Jan	33,8	Jan	2,3	Jan	4,5
Fev	184,6	Fev	56,8	Fev	80,4
Mar	13,2	Mar	0	Mar	0
Abr	30	Abr	0,8	Abr	7,4
Mai	0	Mai	0	Mai	0
Jun	7,5	Jun	2	Jun	1,8
Jul	15	Jul	1,7	Jul	3,2
Ago	0	Ago	0	Ago	0
Set	0	Set	0	Set	0
Out	7,3	Out	0	Out	0
Nov	0,2	Nov	0	Nov	0
Dez	30	Dez	0,9	Dez	0

Fonte: SEMANHI, 2016.

É possível perceber que há muita discrepância nas precipitações da região, provavelmente devido ao relevo montanhoso e a presença de lagos naturais, sendo difícil quantificar a quantidade de chuvas exata na área de recarga das fontes termais.

A estação meteorológica mais próxima, a de Villacota, apresentou os maiores valores, e pode indicar uma maior incidência de precipitações na região das fontes termais. De todo modo, é possível notar que houve maior incidência de chuvas no período de julho em comparação com o período de novembro.

Infelizmente não foram realizadas análises químicas no período de chuvas, que vai de dezembro a março. Caso tivessem sido realizadas poderiam elucidar com maior precisão a influência das águas meteóricas nas fontes termais e uma possível diluição nas concentrações de elementos tóxicos.

Ao observarmos as médias de concentrações apresentadas nas Tabelas 3 e 4, percebemos que alguns elementos analisados apresentam suas maiores concentrações no período de julho, sendo eles antimônio, lítio, mercúrio e rubídio. Por outro lado, arsênio, boro, cério e manganês têm suas maiores concentrações no mês de novembro.

Percebe-se, portanto, que com os dados disponíveis é difícil relacionar a precipitação à concentração dos elementos nas águas termais.

9.1 Toxicologia E Comparação Com Os Limites Da Resolução Conama 357

9.1.1 Antimônio

O elemento antimônio (Sb) é um metaloide do Grupo 15 (Grupo do Nitrogênio). Ocorre principalmente nos estados de oxidação +3 e +5. Pertencente ao grupo do calcófilos na classificação de Goldschmidt (1954) e sua forma mineral mais comum é stibinita (Sb_2S_3), sendo também encontrado junto a minerais de cobre, prata e chumbo, além de carvão mineral e petróleo (Filella, 2002). Segundo Taylor (1954), sua presença na crosta continental é de cerca de 0.2 ppm.

As figuras 10 e 11 são gráficos de concentração do elemento antimônio em amostras de águas termais do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016, respectivamente. Os gráficos também mostram o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

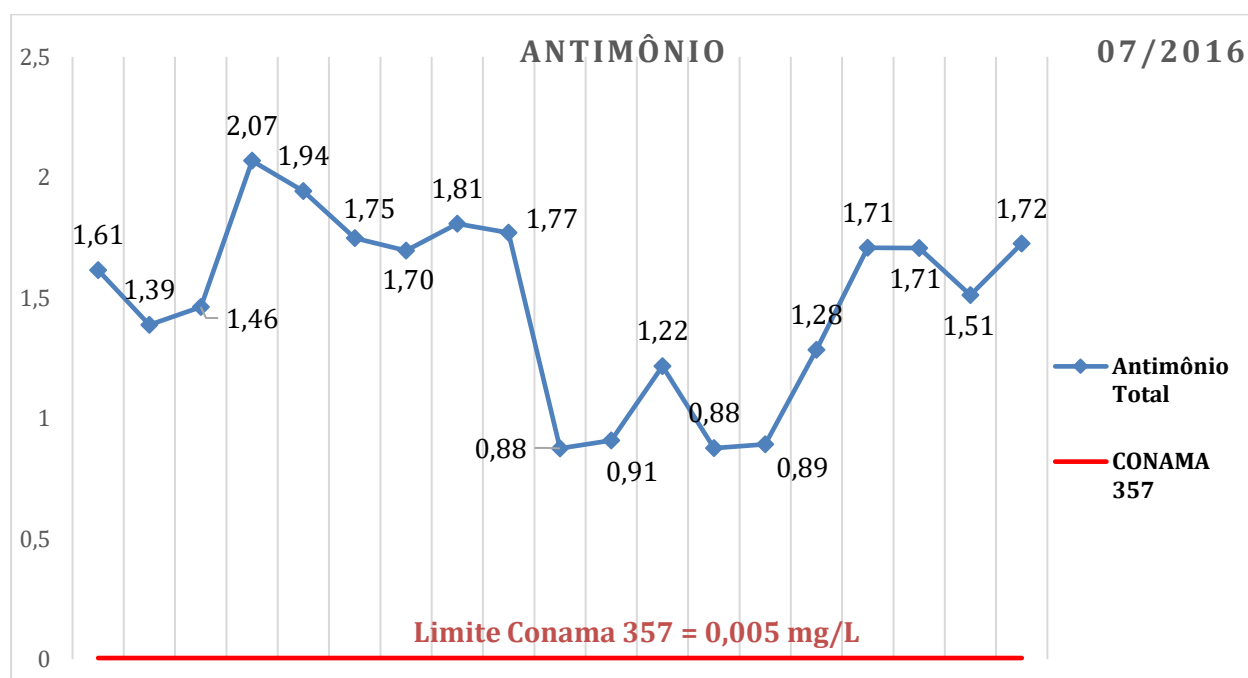


Figura 10 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Antimônio (Sb) para 19 análises coletadas em julho de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

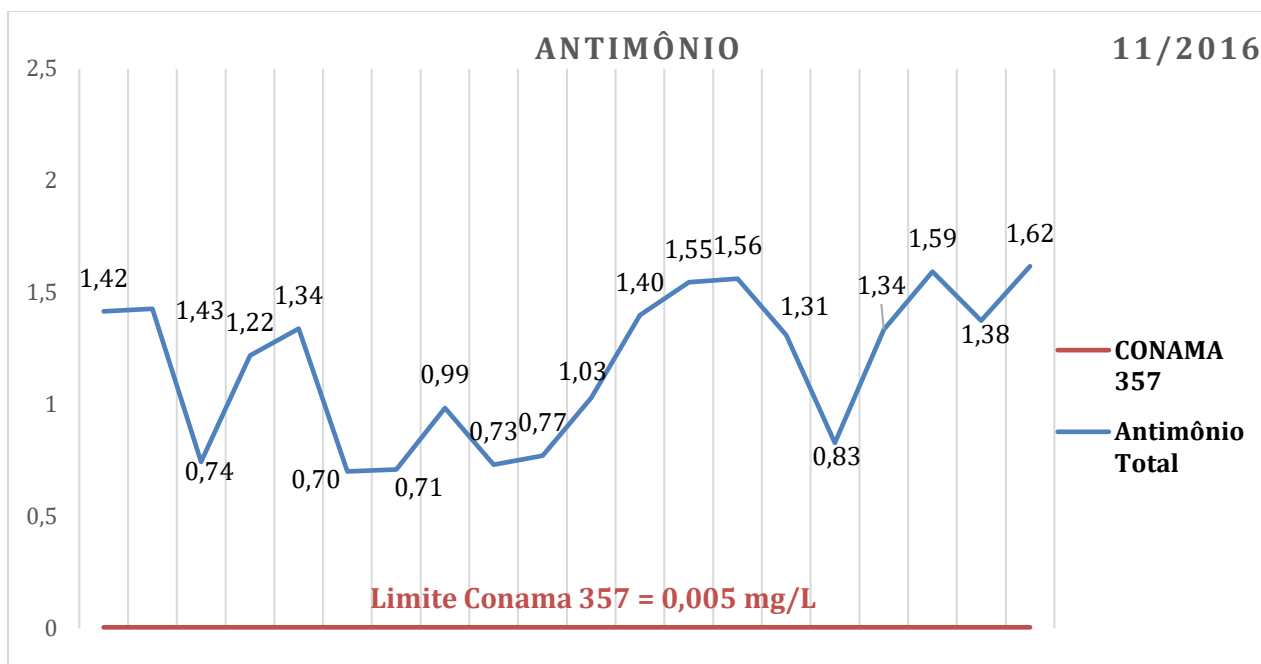


Figura 11 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Antimônio (Sb) para 20 análises coletadas em novembro de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

O Sb é elemento traço em águas superficiais e subterrâneas, com um valor médio de 0,00007 mg/L para outros rios do mundo (Gaillardet et al., 2003). As amostras de águas termais do Rio Calientes mostram concentrações máximas de 2 mg/L e mínimas de 0,7 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca de 1,4 mg/L, ou seja 20 mil vezes maior que o encontrado em outros rios do mundo. As médias para cada período estão nas tabelas 3 e 4, assim como o número de vezes em que esses valores ultrapassam o limite da CONAMA.

As amostras do mês de julho apresentam uma média de 1,484 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 296 vezes o limite CONAMA. Já as amostras do mês de novembro apresentam uma média de 1,323 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 264 vezes o limite CONAMA. Percebe-se que tais valores estão muito dos valores de intervenção e é necessário um estudo aprofundado acerca dos possíveis danos que o consumo possa causar.

Sem função biológica conhecida, o Sb é considerado elemento tóxico na quase totalidade das agências de proteção ambiental no mundo. Assim como na resolução CONAMA 357, o limite que o Conselho da União Europeia estabelece é de 0,005 mg/L, sendo que este metaloide também está presente na lista de substâncias perigosas de Basel (União Européia, 1998; United Nations Enviromental Program, 1999).

Segundo o Guidelines for Drinking-Water Quality (2011) da Organização Mundial da Saúde (WHO) sua ocorrência média em águas superficiais é de 0,0002 mg/L e sua ingestão diária tolerável é de 0,006 miligramas por quilo de massa corporal. Com alguns compostos apresentando potencial efeito cancerígeno (como o trióxido de antimônio) este elemento também está associado à cardiotoxicidade e pancreatite em doses elevadas (Sundar & Chakravarty, 2010).

Supondo que um indivíduo de 70 kg faça a ingestão de 2 litros de água com concentração de 1,4 mg/L de Sb, ele estará ingerindo cerca de 0,04 miligramas por quilo de massa corporal. Este valor representa cerca de 6 vezes o recomendado pela WHO.

9.1.2 Arsênio

O elemento arsênio é um metaloide do Grupo 15 (Grupo do Nitrogênio). Ocorre principalmente nos estados de oxidação +3 e +5. Pertencente ao grupo do calcófilos na classificação de Goldschmidt (1954). É encontrado principalmente na forma de sulfetos, como a arsenopirita, além de estar presente junto a minerais de ouro, cobre, chumbo, ferro, entre outros (Mandal et al., 2002). Em meio aquoso, geralmente está presente na forma de arsenatos (+5) em condições oxidantes, e arsenitos (+3) em condições redutoras menores que 200 mV (World Health Organization, 2001). Segundo Taylor (1954), sua presença na crosta continental é de cerca de 1.8 ppm.

As figuras 12 e 13 são gráficos de concentração do elemento arsênio em amostras de águas termais do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016, respectivamente. Os gráficos também mostram o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

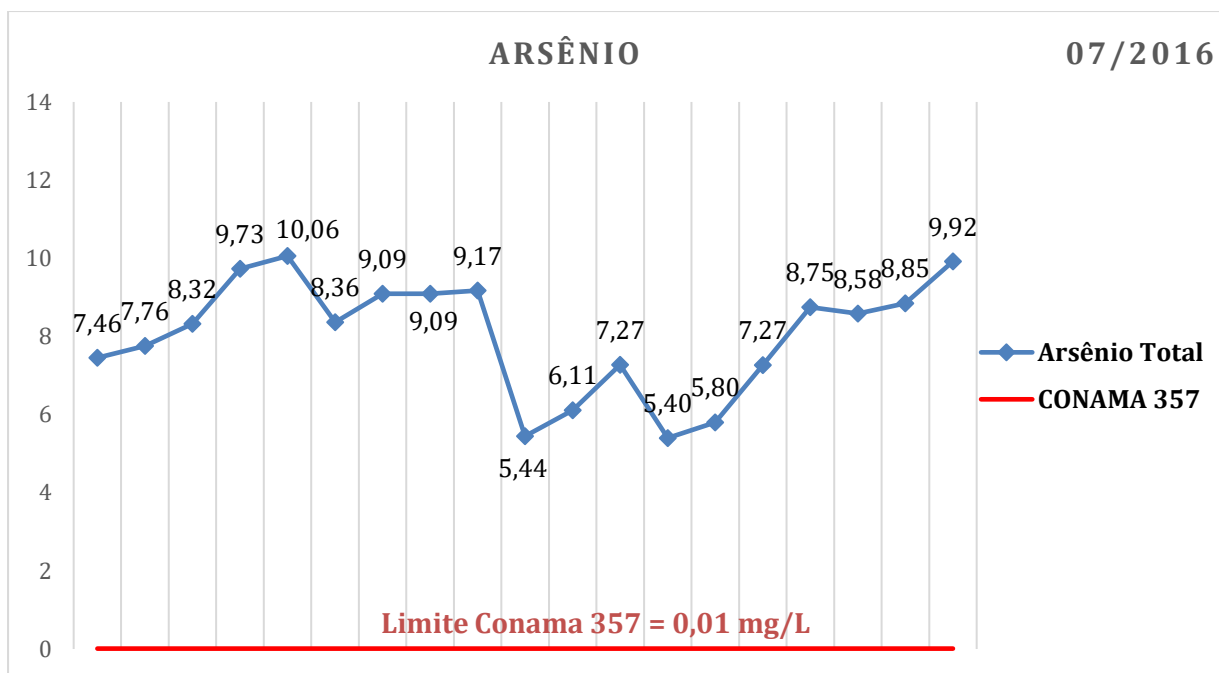


Figura 12 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Arsênio (As) para 19 análises coletadas em julho de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

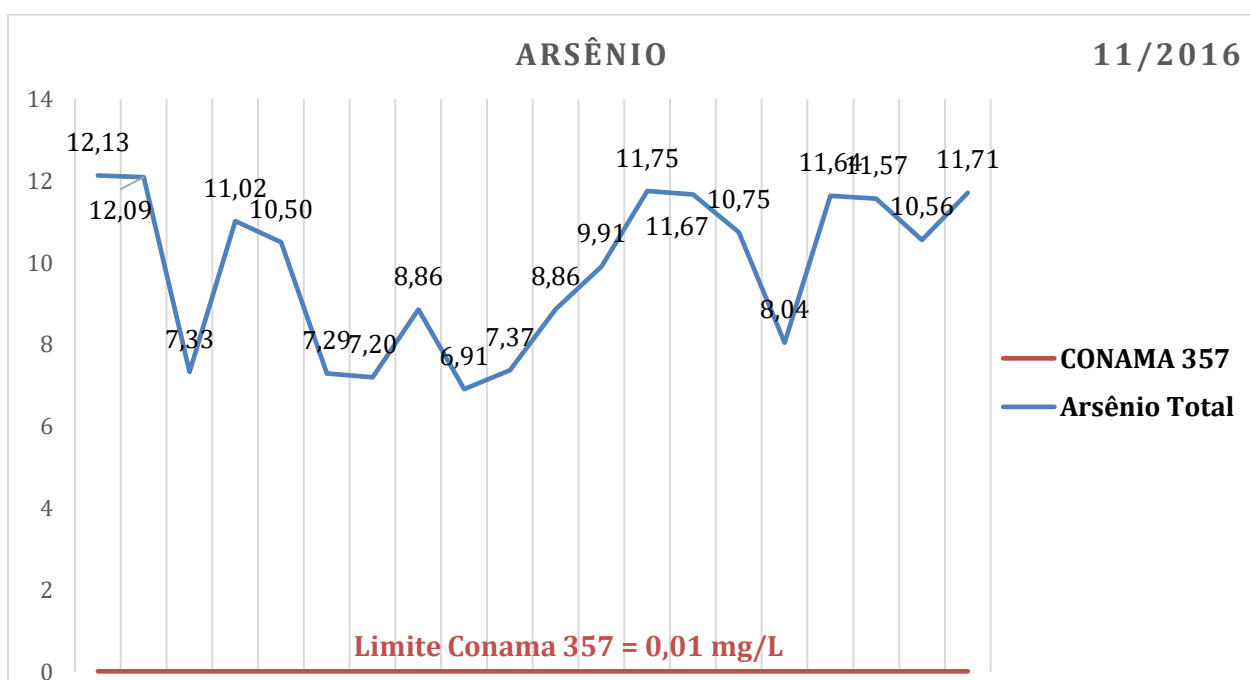


Figura 13 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Arsênio (As) para 20 análises coletadas em novembro de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

O As é elemento traço em águas superficiais e subterrâneas, com um valor médio de 0,00062 mg/L para outros rios do mundo (Gaillardet et al., 2003). As amostras de águas termais do Rio Calientes exibem concentrações máximas de 12,1 mg/L e mínimas de 5,4 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca de 9,3 mg/L.

As amostras do mês de julho apresentam uma média de 8,02 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 807 vezes o limite CONAMA. Por outro lado, as amostras do mês de novembro apresentam uma média de 10,52 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 1052 vezes o limite CONAMA. Percebe-se que tais valores estão acima dos valores de intervenção e é necessário um estudo aprofundado acerca dos possíveis danos que o seu consumo possa causar.

Assim como o Sb, o As não possui função biológica conhecida e também é considerado elemento tóxico na quase totalidade das agências de proteção ambiental no mundo. O Conselho da União Europeia também estabelece um limite de 0,01 mg/L (União Européia, 1998) e este metaloide também está presente na lista de substâncias perigosas de Basel (United Nations Environmental Program, 1999).

Segundo o *Guidelines for Drinking-Water Quality* (2011) da Organização Mundial da Saúde (WHO) a arsina (AsH_3) é considerada a forma mais tóxica, seguida pelos arsenitos, arsenatos e compostos arsênicos orgânicos.

A intoxicação aguda por arsênio é associada à ingestão de águas contendo concentrações superiores a 21 mg /L. A exposição de águas ricas em arsênio ao longo prazo está relacionada ao aumento dos riscos de câncer na pele, nos pulmões, na bexiga e nos rins, assim como outras alterações na pele, como hiperqueratose e alterações na pigmentação (World Health Organization, 2001).

Com concentrações na ordem de 10 mg/L, as águas termais do rio Calientes apresentam grandes possibilidades de causarem danos a quem as consome. Uma vez que a intoxicação aguda por arsênio pode ocorrer com concentrações de 21 mg/L, este é o elemento mais preocupante presente nas águas do rio Calientes. É necessário um estudo aprofundado na concentração deste elemento nos mais diversos pontos de coleta de água, especialmente na Laguna Aricota e qual o risco que seu consumo está representando para as populações.

9.1.3 Boro

O boro é um metaloide do Grupo 13 (Grupo do Boro). Geralmente ocorre no estado de oxidação +3. Pertence ao grupo dos Litófilos na classificação de Goldschmidt (1954). É encontrado principalmente na forma de borossilicatos, sendo o principal representante a turmalina, e também na forma de boratos, associados a atividade vulcânica e hidrotermal (WOODS, 1994; NABLE et al., 1997). Em soluções aquosas diluídas e de pH menor que

7, o boro tende a estar na forma não dissociada de ácido bórico [B(OH)₃]. Em condições de pH entre 6 e 11 e em altas concentrações (>0.025 mol/l) tende a estar na forma de íons poliboratos, como [B₃O₃(OH)₄]⁻, [B₄O₅(OH)₄]⁻ e [B₅O₆(OH)₄]⁻. Por fim, em pH superior a 10, o ânion metaborato é a forma mais comum (World Health Organization, 2009). Segundo Taylor (1954) sua presença na crosta continental é de cerca de 10 ppm.

As figuras 14 e 15 são gráficos de concentração do elemento Boro em amostras de águas termais do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016, respectivamente. Os gráficos também mostram o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

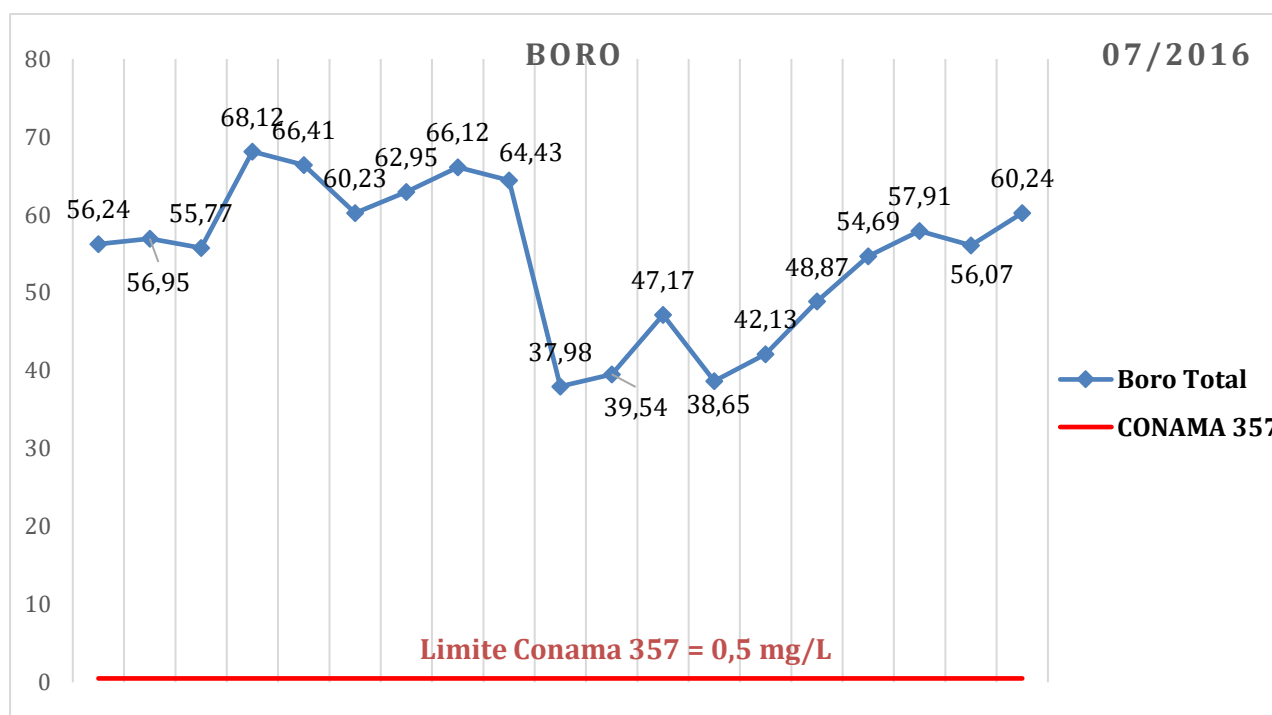


Figura 14 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Boro (B) para 19 análises coletadas em julho de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

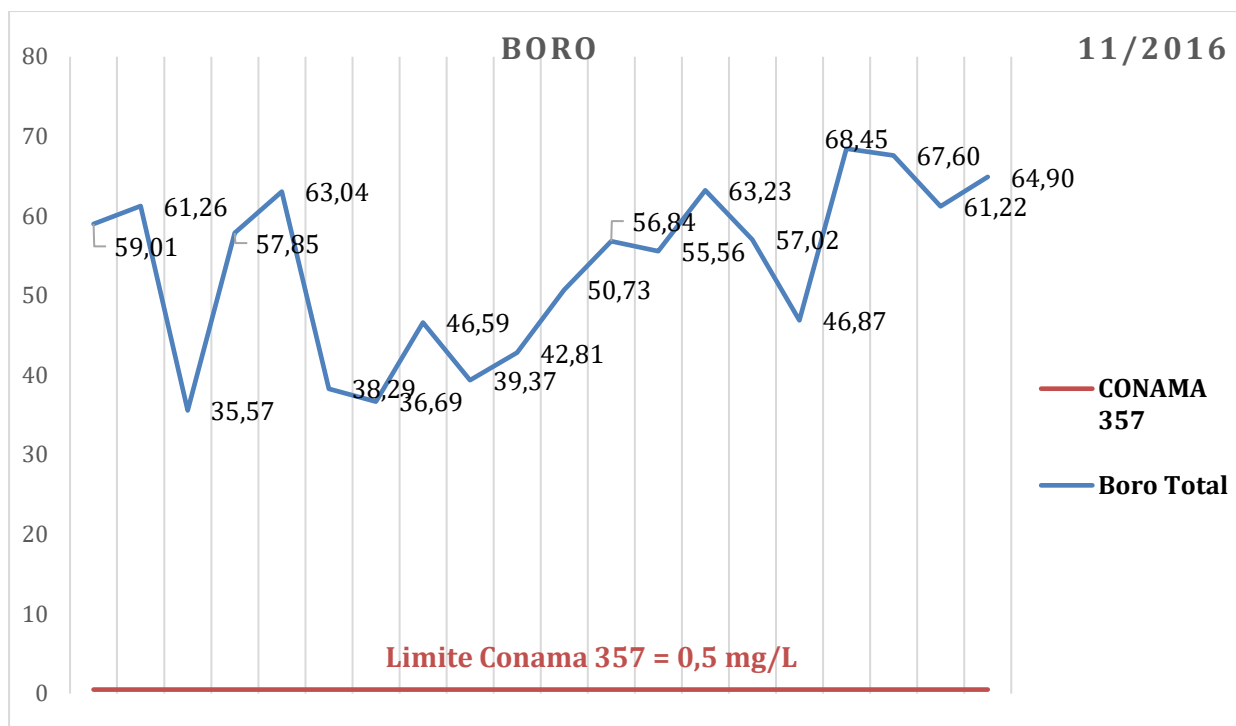


Figura 15 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Boro (B) para 20 análises coletadas em novembro de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

O B é um elemento traço em águas superficiais e subterrâneas, sendo que as amostras de águas termais do Rio Calientes exibem concentrações máximas de 68,45 mg/L e mínimas de 35,69 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca de 55,85 mg/L. As médias para cada período estão nas tabelas 1 e 2, assim como o número de vezes em que esses valores ultrapassam o limite da CONAMA.

As amostras do mês de julho apresentam uma média de 54,76 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 109 vezes o limite CONAMA. Por outro lado, as amostras do mês de novembro apresentam uma média de 56,93 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 113 vezes o limite CONAMA. Percebe-se que tais valores também estão acima dos valores de intervenção e é necessário um estudo acerca dos possíveis danos que o consumo possa causar.

Como já citado no capítulo 5, outras localidades na região andina apresentam altas concentrações de boro na água para consumo humano. Em humanos está associado a desordens no sistema reprodutivo tanto em exposições a curto e longo prazo, com estudos em animais indicando grande ocorrência de lesões testiculares. Por outro lado, não há indícios de mutagênese ou maior incidência de tumores nas populações analisadas (World Health Organization, 2011).

A WHO recomenda a ingestão máxima diária de 0.17 mg/kg. Dessa forma, um indivíduo de 70 kg que consome 2 litros de água com concentração de boro de 55 mg/L estará ingerindo quase 10 vezes o recomendado e está sujeito as complicações do sistema reprodutor.

Nos solos, altas concentrações de boro tendem a ser tóxicas para diversas espécies vegetais, incluindo as de valor alimentício (Nable et al., 1997). Dessa forma, é necessário que haja também cautela no uso das águas termais da bacia hidrográfica do rio Calientes na rega de algumas culturas, já que poderá haver um possível comprometimento na produção de alimentos.

9.1.4 Lítio

O lítio é um metal alcalino (Grupo 1) e ocorre no estado +1 de oxidação. Pertence ao grupo dos Litófilos na classificação de Goldschmidt (1954). É encontrado principalmente na forma de silicatos em pegmatitos (espodumênio, lepidolita, etc.) e em salmouras e minerais evaporíticos associados a exalações vulcânicas e intemperismo de rochas félsicas (Kesler, et al., 2012). Segundo Taylor (1954) sua presença na crosta continental é de cerca de 20 ppm.

As figuras 16 e 17 são gráficos de concentração do elemento Lítio em amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016, respectivamente. Os gráficos também mostram o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

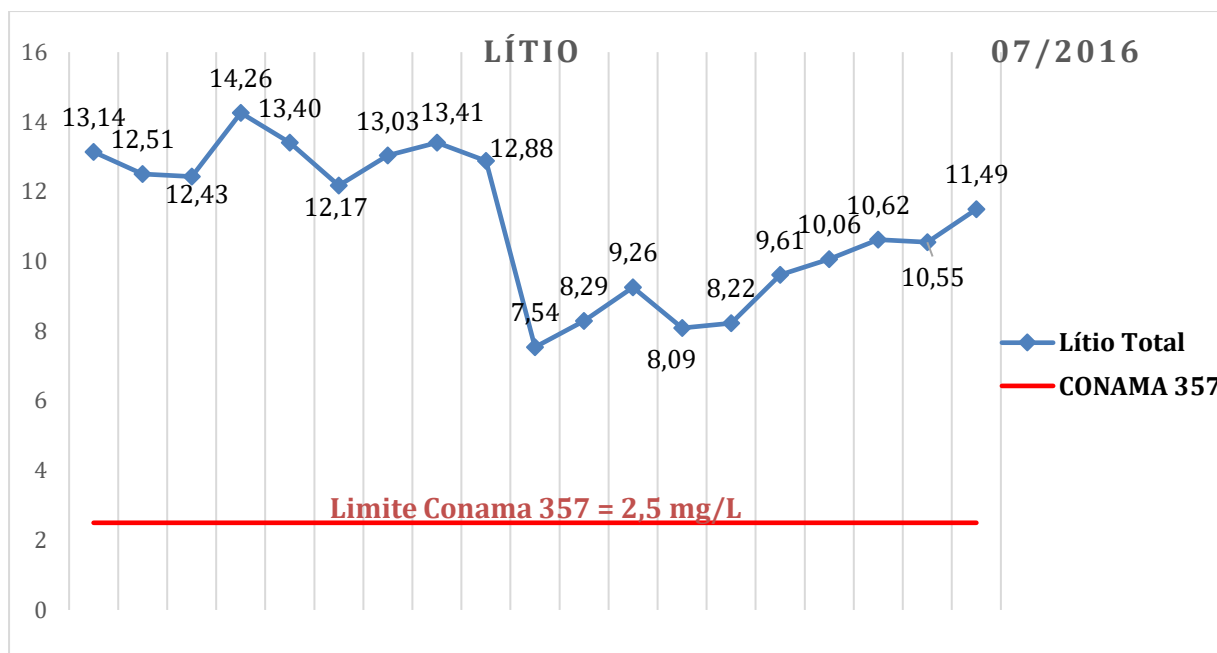


Figura 16 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Lítio (Li) para 19 análises coletadas em julho de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

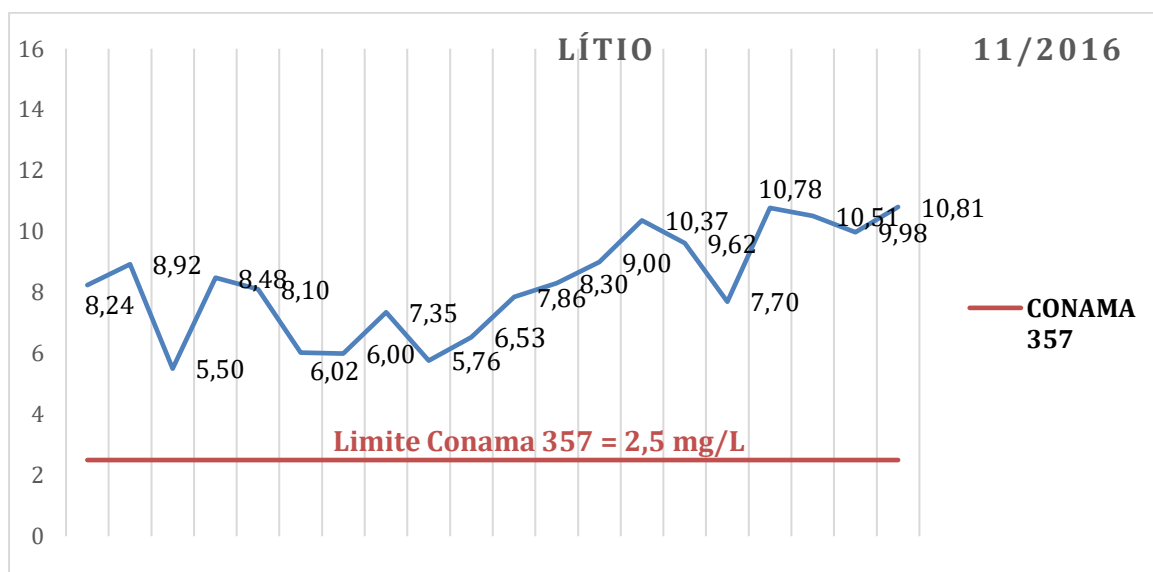


Figura 17 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Lítio (Li) para 20 análises coletadas em novembro de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

O Li é um elemento traço em águas superficiais e subterrâneas, sendo que as amostras de águas termais do Rio Calientes mostram concentrações máximas de 14,26 mg/L e mínimas de 5,5 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca de 9,68 mg/L. As médias para cada período estão nas tabelas 1 e 2, assim como o número de vezes em que esses valores ultrapassam o limite da CONAMA.

As amostras do mês de julho apresentam uma média de 11,10 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 4,36 vezes o limite CONAMA. Já as amostras do mês de novembro apresentam uma média de 8,27 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 3,30 vezes o limite CONAMA.

Apesar de o Li não ser classificado como um elemento tóxico e não estar presente na grande maioria das legislações de potabilidade, o seu consumo em altas doses e a longo prazo deve ser analisado com maior cautela. Segundo Aral e Vecchio-Sadus (2008), pacientes com desordem bipolar com concentrações de 10 mg/L no sangue já apresentam sinais de intoxicação leve, podendo apresentar danos no sistema nervoso central e nos rins. A partir de 15 mg/L são relatados problemas de fala e confusão mental. O risco de morte está associado a concentrações acima de 20 mg/L.

O estudo de Oliveira et al. (2010) inclui uma série de efeitos adversos aos rins de pacientes tratados com o medicamento carbonato de lítio, dentre eles distúrbio na capacidade de concentração urinária e natriurese, acidose tubular renal, nefrite túbulo-intersticial. O quadro ainda pode evoluir para doença renal crônica e hipercalcemia.

O estudo de Harari (2010) realizado no norte da Argentina e já citado neste trabalho (capítulo 5), também correlaciona altas doses de lítio ao aumento nos níveis de TSH em mulheres grávidas, podendo levar a problemas no desenvolvimento do feto.

Aral e Vecchio-Sadus (2008) recomendam que a ingestão diária não ultrapasse os 14,3 µg/kg de massa corporal. Para um indivíduo de 70 kg, isso representa cerca de 1mg. O consumo de 2 litros de águas com concentrações de 10 mg/L representa cerca de 20 vezes o recomendado por esses autores.

9.1.5 Mercúrio

O elemento mercúrio é um metal de transição do Grupo 12 (Grupo do Zinco). Ocorre principalmente nos estados de oxidação +2 e +1. Pertencente ao grupo do calcófilos na classificação de Goldschmidt (1954). É encontrado principalmente na forma de sulfetos, como o cinábrio, além de ocorrer na forma de elemento nativo, em estado líquido. Em meio aquoso, também está presente na forma de íon mercurioso (Hg^{+1}) e íon mercurico (Hg^{+2}), sendo que o Hg^{+2} também forma compostos orgânicos como o metil mercúrio, etil mercúrio, fenil mercúrio e dimetil mercúrio (Clifton II, 2007). Segundo Taylor (1954), sua presença na crosta continental é de cerca de 0.08 ppm.

As figuras 18 e 19 são gráficos de concentração do elemento mercúrio em amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016, respectivamente. Os gráficos também mostram o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

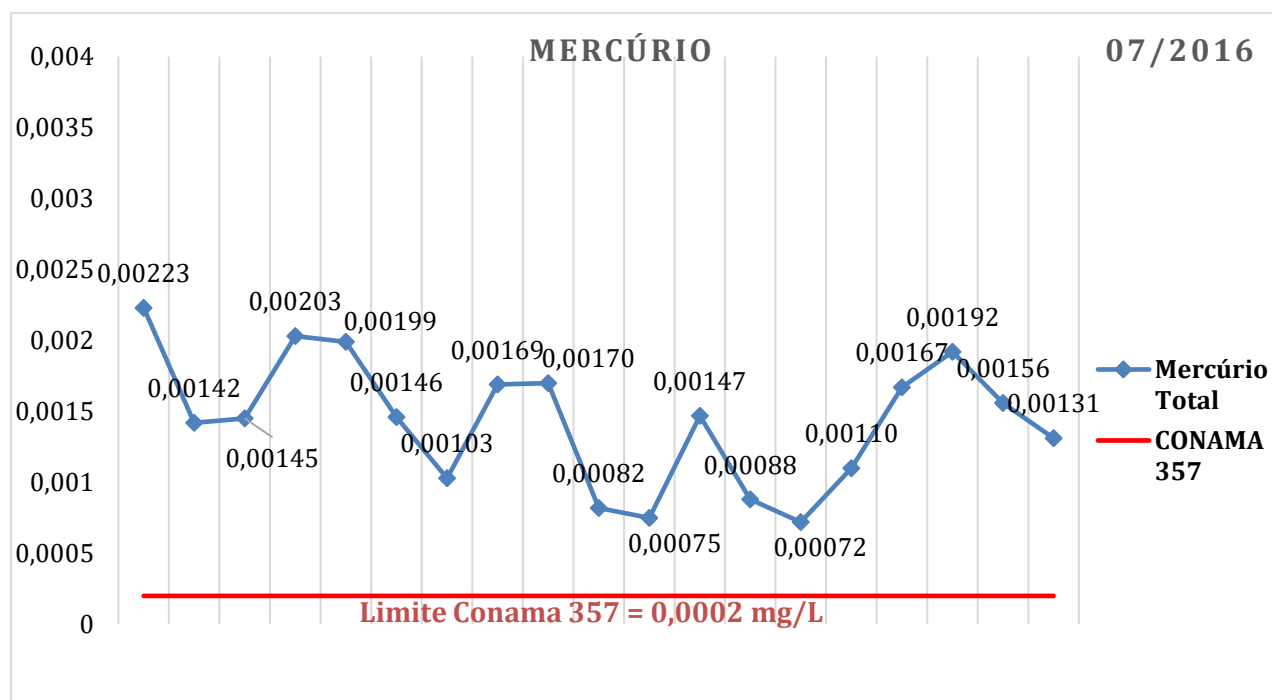


Figura 18 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Mercúrio (Hg) para 19 análises coletadas em julho de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

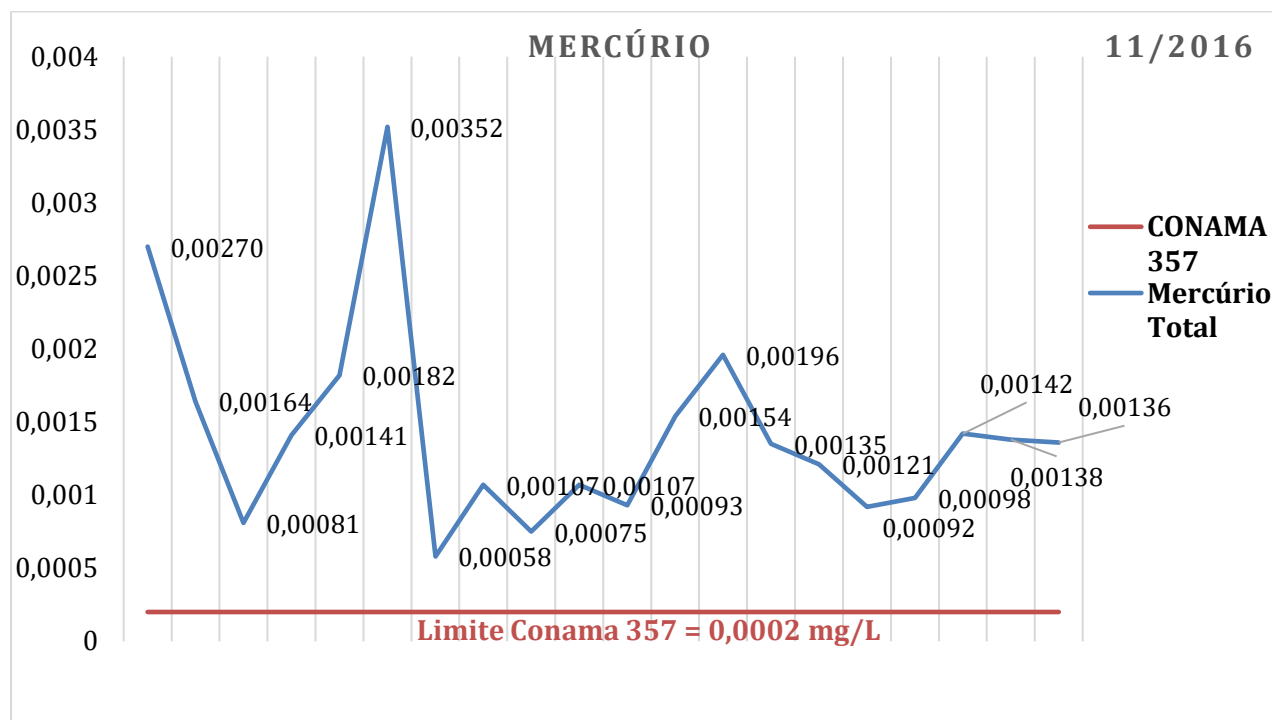


Figura 19 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Mercúrio (Hg) para 20 análises coletadas em novembro de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

O Hg é um elemento traço em águas superficiais e subterrâneas, sendo que geralmente sua concentração não ultrapassa 0,0005 mg/L (World Health Organization, 2011). As amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes mostram concentrações máximas de 0,0035 mg/L e mínimas de 0,00058 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca 0,0014 mg/L. As médias para cada período estão nas tabelas 1 e 2, assim como o número de vezes em que esses valores ultrapassam o limite da CONAMA.

As amostras do mês de julho apresentam uma média de 0,0014 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 7,16 vezes o limite CONAMA. Já as amostras do mês de novembro apresentam uma média de 0,00136 mg/L, o que representa uma concentração de cerca de 6,77 vezes o limite CONAMA.

Inicialmente, o Hg era amplamente utilizado na medicina e na indústria, o que gerou uma série de intoxicações ao longo da história da humanidade, visto que em doses elevadas todos os seus compostos podem ser tóxicos (Clifton II, 2007). Os efeitos tóxicos dos compostos inorgânicos de mercúrio comprometem principalmente os rins, tanto em humanos quanto em animais de laboratório, após exposição a curto e longo prazo. Também está associado a gastrite hemorrágica e colite, além do cloreto de mercúrio estar relacionado a maior incidência de tumores benignos (World Health Organization, 2011).

A dose máxima diária recomendada pela WHO é de 0,002 mg/kg de massa corporal. Um indivíduo que consome 2 litros de água com concentração de 0,0014 mg/L não apresentará grandes riscos a danos renais, uma vez que o valor total de mercúrio consumido está bem abaixo do limite estabelecido.

9.1.6 Manganês

O elemento manganês é um metal de transição do Grupo 7 (Grupo do Manganês). Ocorre em onze estados de oxidação, sendo que Mn^{2+} , Mn^{4+} e Mn^{7+} são os mais importantes ambiental e biologicamente (US EPA, 1994). Pertencente ao grupo dos siderófilos na classificação de Goldschmidt (1954), tendo grande afinidade com o ferro. É encontrado em uma série de grupos minerais, como óxidos, silicatos, carbonatos, entre outros. Segundo Taylor (1954), sua presença na crosta continental é de cerca de 950 ppm.

As figuras 20 e 21 são gráficos de concentração do elemento manganês em amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016, respectivamente. Os gráficos também mostram o valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

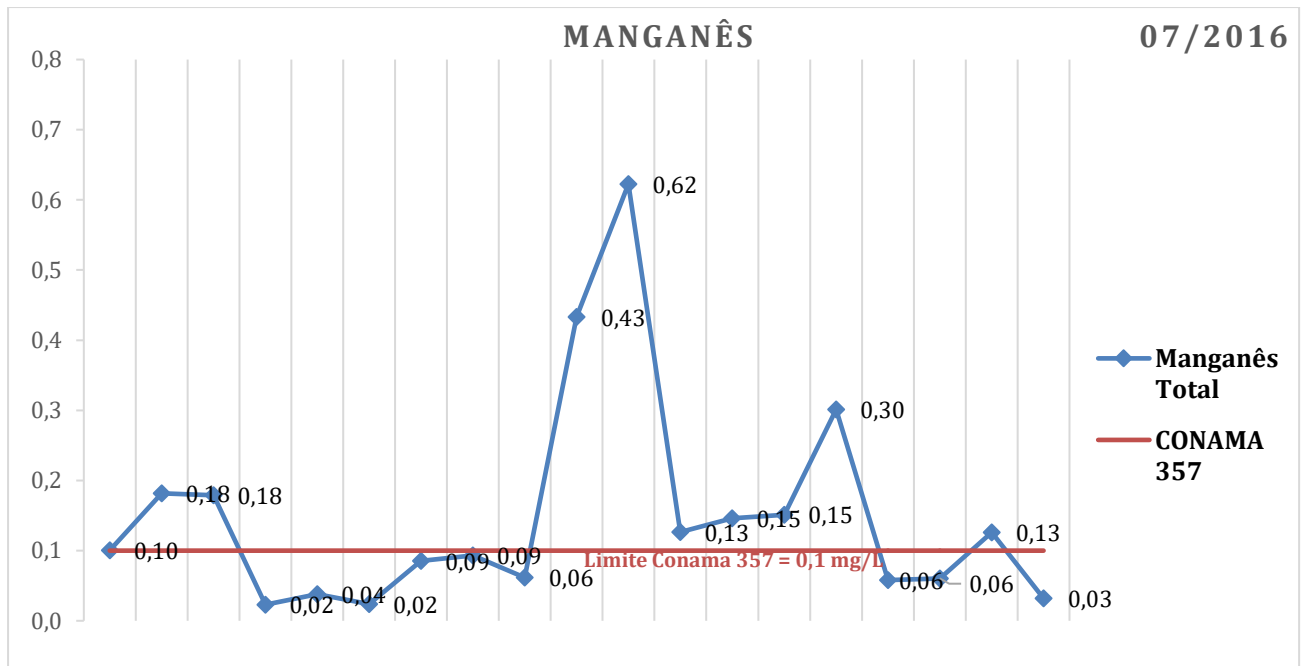


Figura 20 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Manganês (Mn) para 19 análises coletadas em junho de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

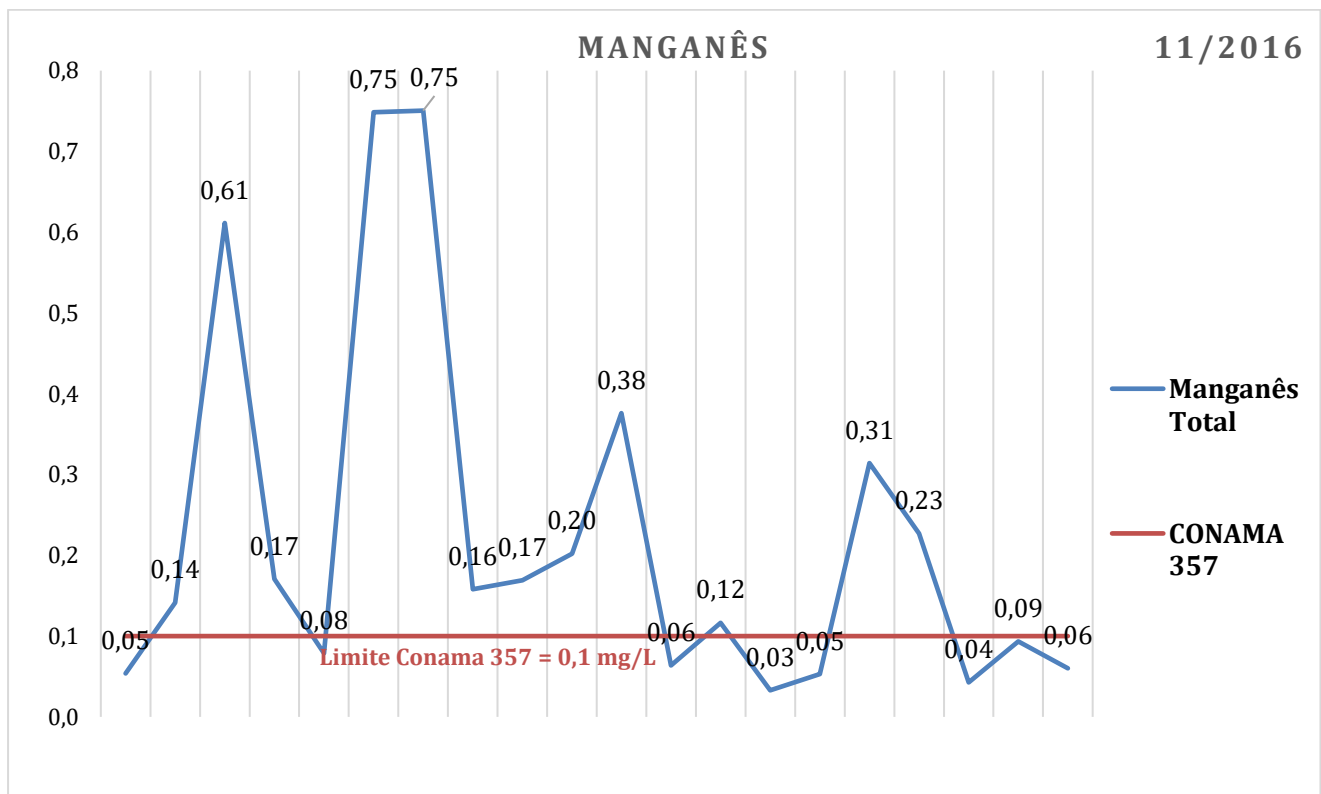


Figura 21 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Manganês (Mn) para 20 análises coletadas em novembro de 2016 e seu limite respectivo, estabelecido pela resolução CONAMA 357.

O Mn é um elemento traço em águas superficiais e subterrâneas, sendo que geralmente sua concentração varia entre 0,001 a 0,2 mg/L (World Health Organization, 2004). As amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes mostram concentrações máximas de 0,75 mg/L e mínimas de 0,02 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca 0,0014 mg/L. As médias para cada período estão nas tabelas 1 e 2, assim como o número de vezes em que esses valores ultrapassam o limite da CONAMA.

As amostras do mês de julho apresentam uma média de 0,1 mg/L, o que representa uma concentração praticamente idêntica ao limite CONAMA. No entanto, as amostras do mês de novembro apresentam uma média de 0,149 mg/L, o que representa uma concentração cerca de 49% maior que o limite CONAMA.

O Mn é um elemento essencial para a saúde humana e de outros animais. A WHO não considera como um elemento preocupante nos níveis encontrados em águas para consumo humano e em outras aplicações. Além disso, valores acima de 0,1 mg/L tendem a apresentar características organolépticas desagradáveis.

Dessa forma, apesar de algumas amostras das águas termais da bacia hidrográfica do rio Calientes apresentarem valores acima do limite CONAMA, acredita-se que o manganês não é um dos elementos mais preocupantes nessas águas. Pode, porém, influenciar nas características sensoriais.

9.1.7 Césio

O césio é um metal alcalino (Grupo 1) e ocorre no estado +1 de oxidação. Pertence ao grupo dos Litófilos na classificação de Goldschmidt (1954). É encontrado na natureza apenas na sua forma estável (Cs-133), enquanto que seus outros isótopos, como o Cs-137 que é associado a diversos problemas de saúde, são antropogênicos. Os minerais que contém césio incluem silicatos, como a polucita $[(Cs,Na)_2(Al_2Si_4O_{12}) \cdot 2H_2O]$, além de sulfetos, óxidos, boratos e fosfatos. Também está presente na estrutura de alguns minerais como a lepidolita (Cabell & Smales, 1957), além de ser susceptível à adsorção por argilominerais como a illita (Brower, 1983). Segundo Taylor (1954) sua presença na crosta continental é de cerca de 3 ppm.

As figuras 22 e 23 são gráficos de concentração do elemento césio em amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016.



Figura 22 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Césio (Cs) para 19 análises coletadas em julho de 2016.

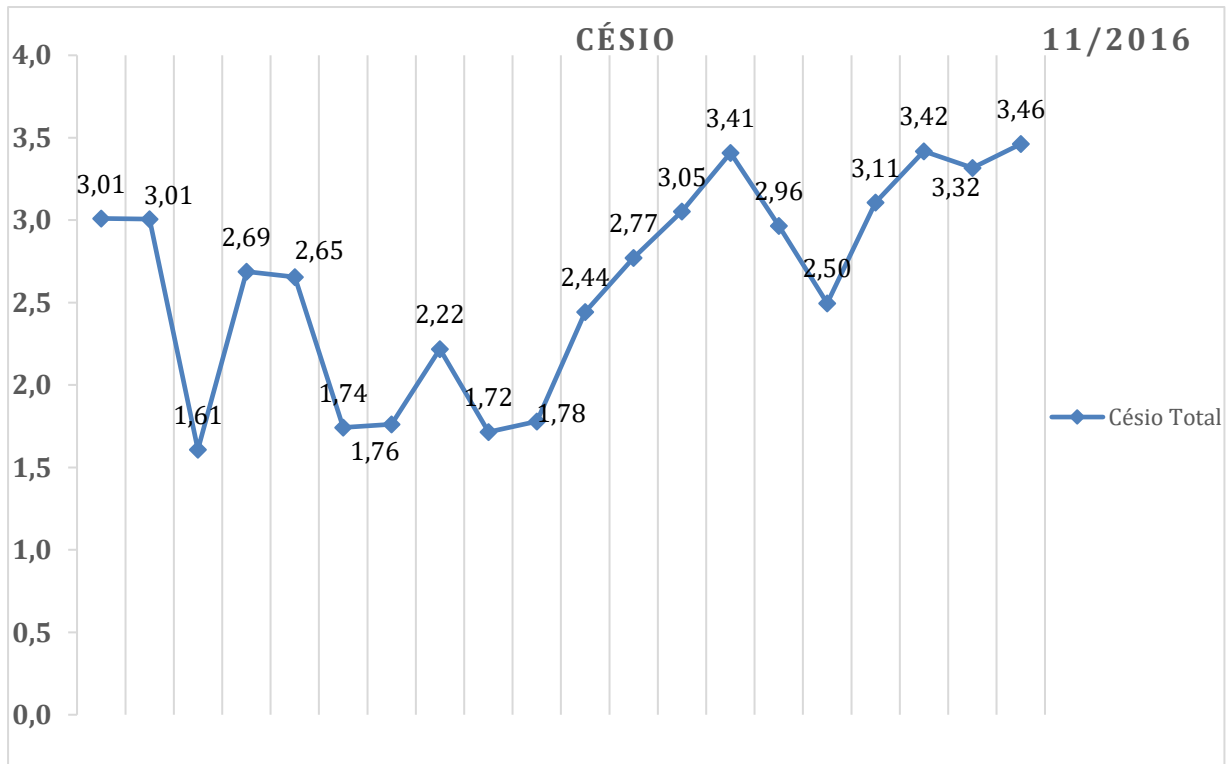


Figura 23 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Césio (Cs) para 20 análises coletadas em novembro de 2016

O Cs é um elemento traço em águas subterrâneas e superficiais, sendo que a concentração média em rios de todo o mundo é de cerca de 0,000011 mg/L (Gaillardet et

al., 2003). As amostras de águas termais do Rio Calientes mostram concentrações máximas de 3,46 mg/L e mínimas de 1,61 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca 2,67 mg/L.

Com essas concentrações, os níveis de Cs nas águas termais da bacia hidrográfica do rio Calientes são cerca de 242 mil vezes maiores que a média encontrada para os outros rios do mundo.

Apesar de o Cs natural ser encontrado na sua forma não radioativa, é difícil avaliar o real dano associado, uma vez que são concentrações totalmente anômalas. É um análogo fisiológico do potássio, por vezes substituindo-o no interior das células. Esse comportamento foi aproveitado como terapia após o acidente nuclear de Chernobyl, uma vez que o Cs-137 (radioativo e com uma série de complicações associadas) pode ser substituído no corpo após saturação com Cs-133 (Melnikov & Zanoni, 2010). Tal terapia inclui o uso de 2 a 6 gramas de cloreto de céσιο ao dia e nunca foi aprovada pela Food and Drug Administration (FDA) dos EUA nem pela Agência Europeia para a Avaliação de Medicamentos (Melnikov & Zanoni, 2010).

O estudo de Harari et al. (2015) indicou que altos níveis de céσιο no sangue são relacionados a baixos níveis do hormônio da tireoide T3, algo descrito como inédito na literatura médica.

Johnson et al. (1975) apontam a dose letal mediana (LD50) de 1026 mg/kg para o CsOH e 2386 mg/kg para o CsI, com efeitos clínicos como hemorragia gastrointestinal e distúrbios comportamentais.

Dessa forma, percebe-se que apesar das concentrações de céσιο nas águas termais do rio Calientes serem extremamente anômalas ao que é encontrado no resto do mundo, não é o suficiente para causar danos agudos à saúde de quem consome. No entanto, pode ter alguma influência sobre o funcionamento da tireoide, necessitando de maiores estudos.

9.1.8 Rubídio

O rubídio é um metal alcalino (Grupo 1) e ocorre no estado +1 de oxidação. Pertence ao grupo dos Litófilos na classificação de Goldschmidt (1954). É encontrado na natureza na sua forma estável (Rb-85) e radioativa (Rb-87). Apesar de ser o 23º elemento mais abundante na crosta terrestre não é o principal constituinte de nenhum mineral, sendo geralmente encontrado junto ao céσιο, como na pollucita (Wagner, 2000). Assim como o céσιο, também está presente na estrutura de alguns minerais como a lepidolita (Cabell & Smales, 1957; Wagner, 2000), além de ser susceptível à adsorção por argilominerais como

a illita (Brower, 1983). Segundo Taylor (1954) sua presença na crosta continental é de cerca de 90 ppm.

As figuras 24 e 25 são gráficos de concentração do elemento rubídio em amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes coletadas em julho e novembro de 2016.

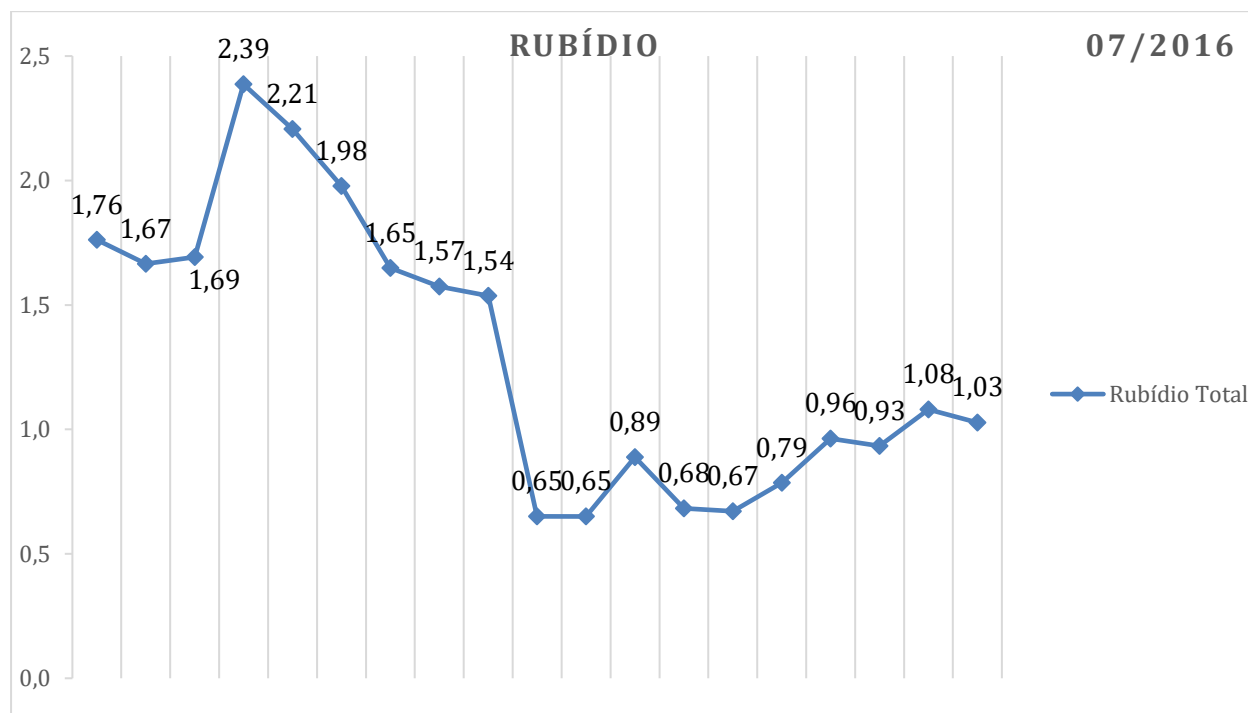


Figura 24 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Rubídio (Rb) para 19 análises coletadas em julho de 2016.

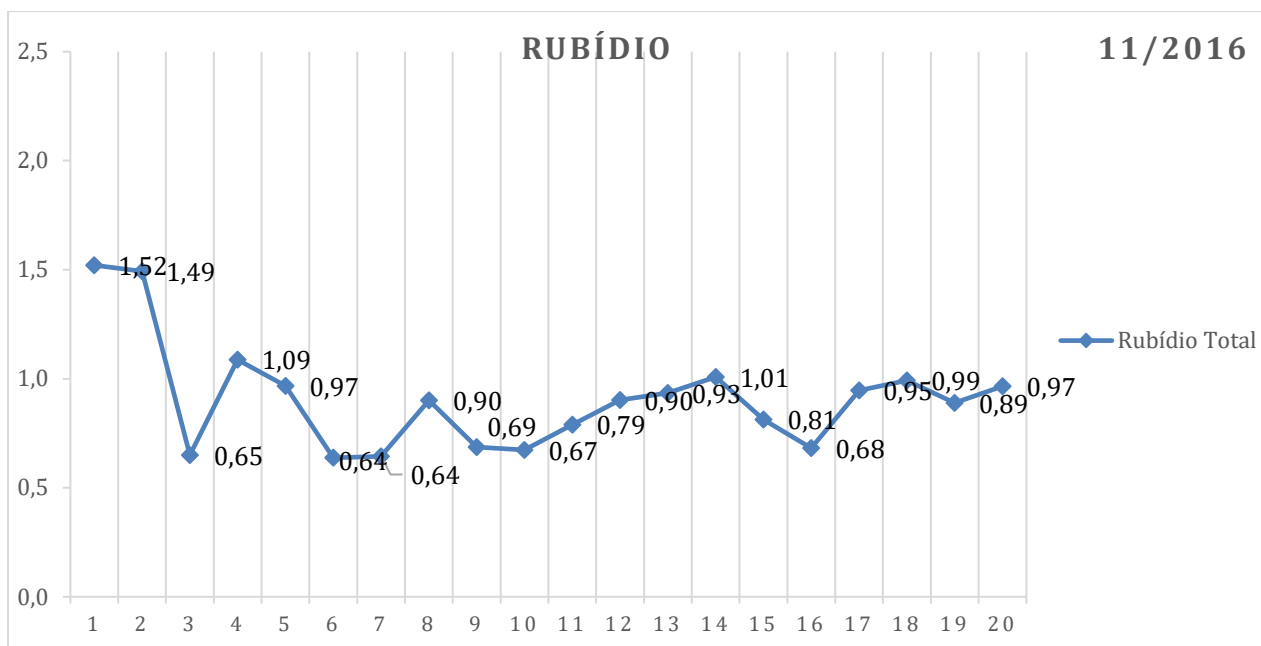


Figura 25 - Gráfico apresentando as concentrações (mg/L) do elemento Rubídio (Rb) para 19 análises coletadas em julho de 2016.

O Rb é um elemento traço em águas subterrâneas e superficiais, sendo que a concentração média em rios de todo o mundo é de cerca de 0,00163 mg/L (Gaillardet et al., 2003). As amostras de águas termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes mostram concentrações máximas de 2,39 mg/L e mínimas de 0,64 mg/L. A média de todas as amostras é de cerca 1,1 mg/L.

Com essas concentrações, os níveis de Rb nas águas termais da bacia hidrográfica do rio Calientes são cerca de 674 vezes maiores que as médias encontrada para os outros rios do mundo.

Apesar do isótopo radioativo (Rb-87) representar cerca de 27,8% da abundância natural desse elemento, há poucos relatos na literatura dos riscos associados ao seu consumo. Wagner (2000) aponta como característica importante do rubídio a intercambialidade com o potássio, substituindo-o em diversos tecidos humanos, porém com uma toxicidade baixa. Em geral, o risco dos compostos de Rb é associado ao ânion que o acompanha, especialmente o hidróxido e o fluoreto.

Johnson et al. (1975) apontam a dose letal mediana (LD50) de 586 mg/kg para o RbOH e 4708 mg/kg para o RbI, com efeitos clínicos semelhantes aos do céσιο, como hemorragia gastrointestinal e distúrbios comportamentais.

Dessa forma, percebe-se que apesar das concentrações de rubídio nas águas termais da bacia hidrográfica do rio Calientes serem altas, há uma baixa possibilidade de gerar

danos agudos à saúde de quem os consome. Danos a longo prazo necessitariam de um estudo mais aprofundado.

9.2 Correlação Geoquímica

Com aplicação de correlação químico/geoquímica pretende-se compreender o comportamento dos elementos químicos nos meios aquáticos mencionados, seus possíveis ânions e agrupá-los por afinidade. Dessa forma, pode-se chegar a um melhor dimensionamento do problema para a busca de soluções futuras. Nesse caso, foram tratadas as amostras de novembro de 2016.

Para isso foram elaborados gráficos das concentrações de diversos metais e seus possíveis ânions, a partir da semelhança no comportamento geoquímico. Inicialmente, os metais/metaloides foram separados em grupos, utilizando a classificação de Goldschmidt (1954). Nela, os elementos da tabela periódica são divididos a partir de suas características e afinidades geoquímicas em quatro grupos: calcófilos, siderófilos, litófilos e atmófilos (Figura 26). O último, no entanto, refere-se a elementos de caráter gasoso e que não estão na forma de cátion, por isso não serão considerados.

Bicarbonato e sulfato foram os únicos ânions com valores significativos nas amostras. Infelizmente, não foram realizadas análises de cloreto, um importante ânion e que provavelmente se encontra em grandes concentrações, uma vez que as águas são classificadas como cloradas. Para as próximas análises será imprescindível a inclusão deste íon nas análises a serem realizadas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Group →																			
↓ Period																			
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo	
		*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		**	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		
Goldschmidt classification:	Lithophile		Siderophile				Chalcophile				Atmophile				Synthetic				

Figura 26 - Classificação geoquímica dos elementos de segundo Goldschmidt (1954).

9.2.1 Calcófilos

Para os calcófilos serão considerados os seguintes elementos, gálio, germânio, arsênio, antimônio, mercúrio e tálio. A figura 27 apresenta a concentração desses elementos em 20 amostras, assim como a do ânion sulfato. Arsênio e mercúrio também foram comparados com o ânion bicarbonato.

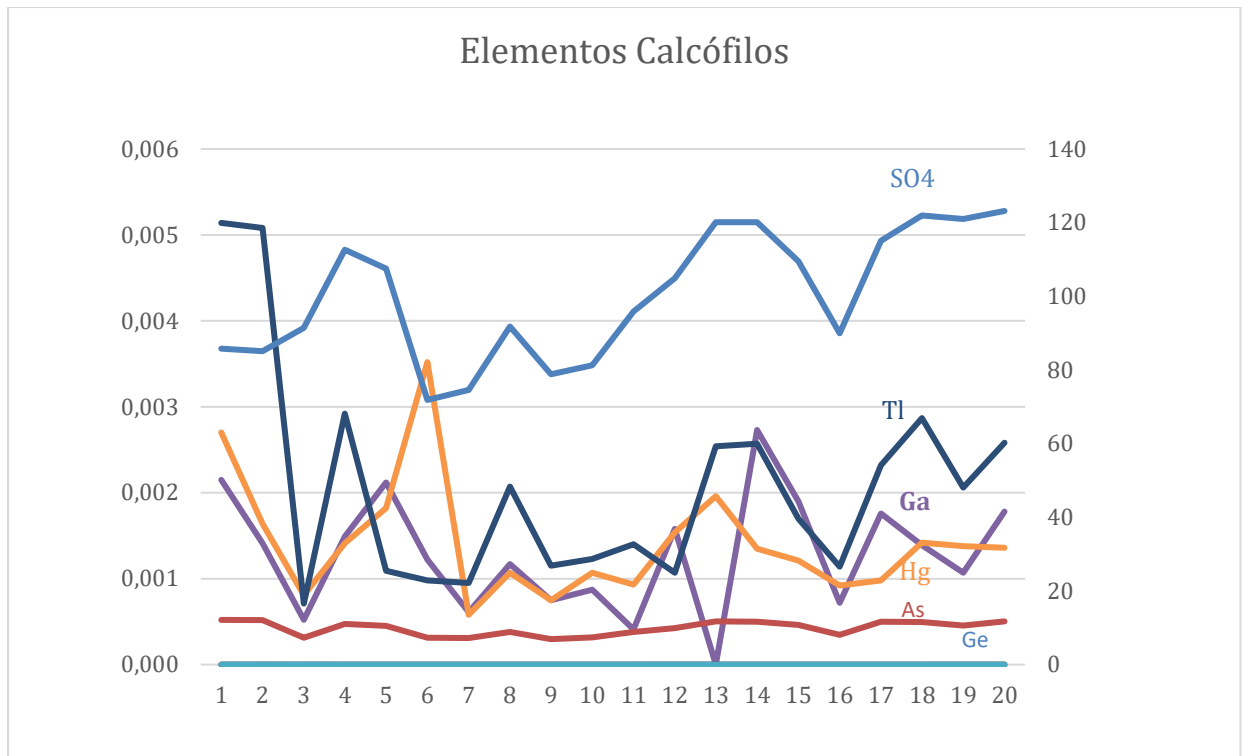


Figura 27 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos calcófilos e do ânion sulfato.

As figuras 28 a 33 exibem a relação dos elementos calcófilos analisados com o ânion sulfato. As figuras 34 e 35 relacionam o ânion bicarbonato com os metais arsênio e mercúrio, elementos estes de maior interesse neste trabalho.

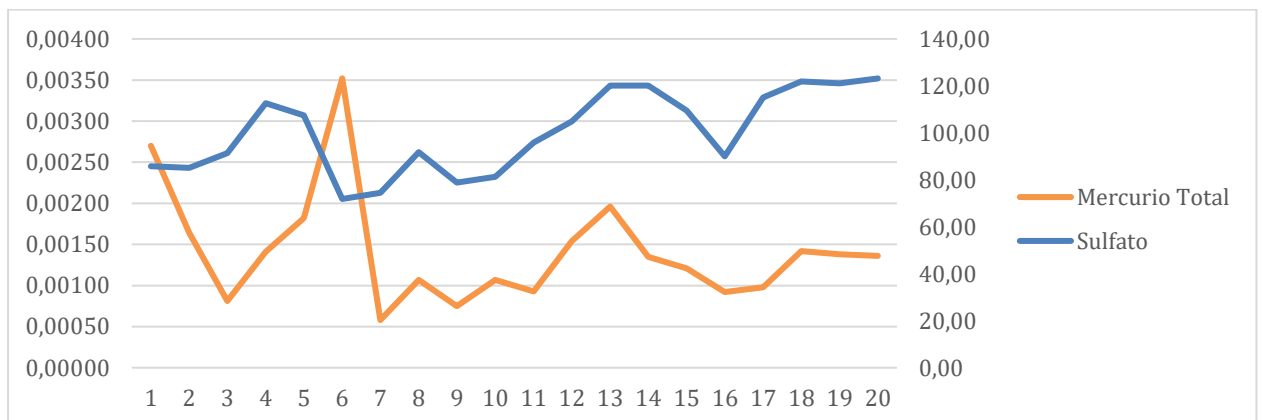


Figura 28 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento mercúrio e do ânion sulfato

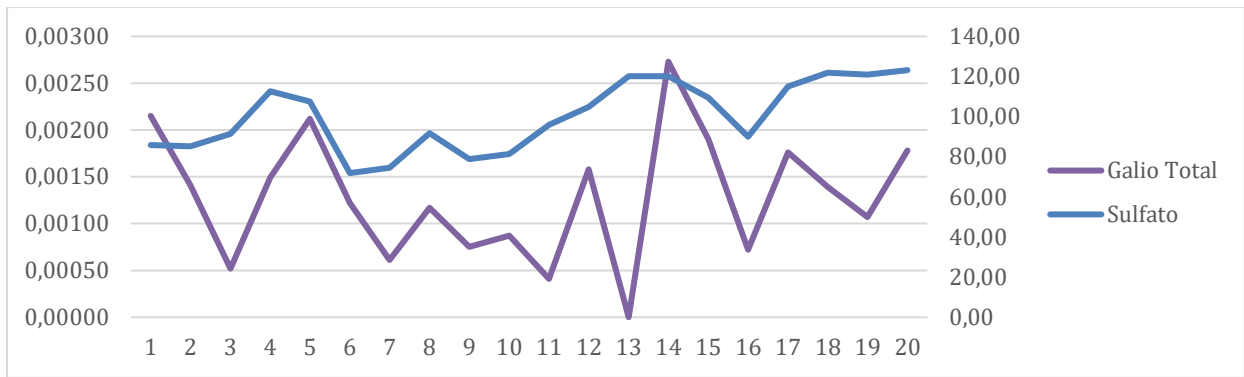


Figura 29 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento gálio e do ânion sulfato.

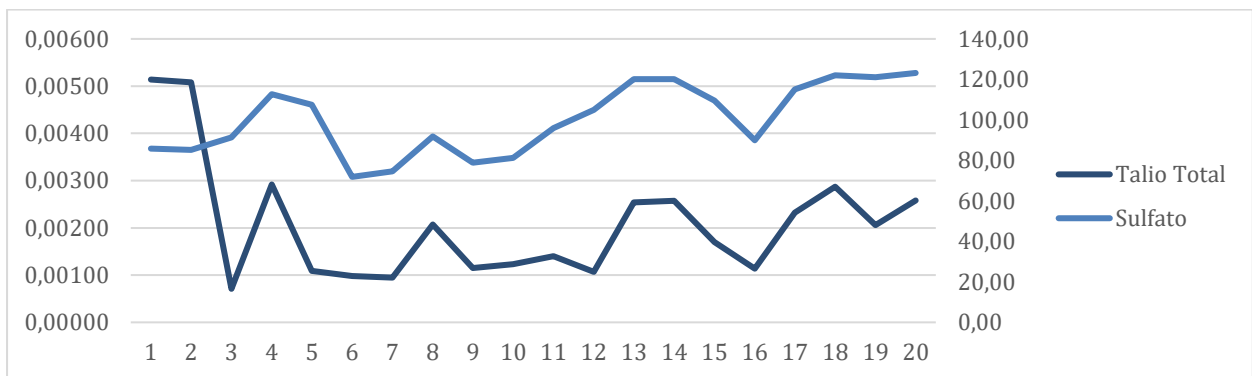


Figura 30 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento tálio e do ânion sulfato.

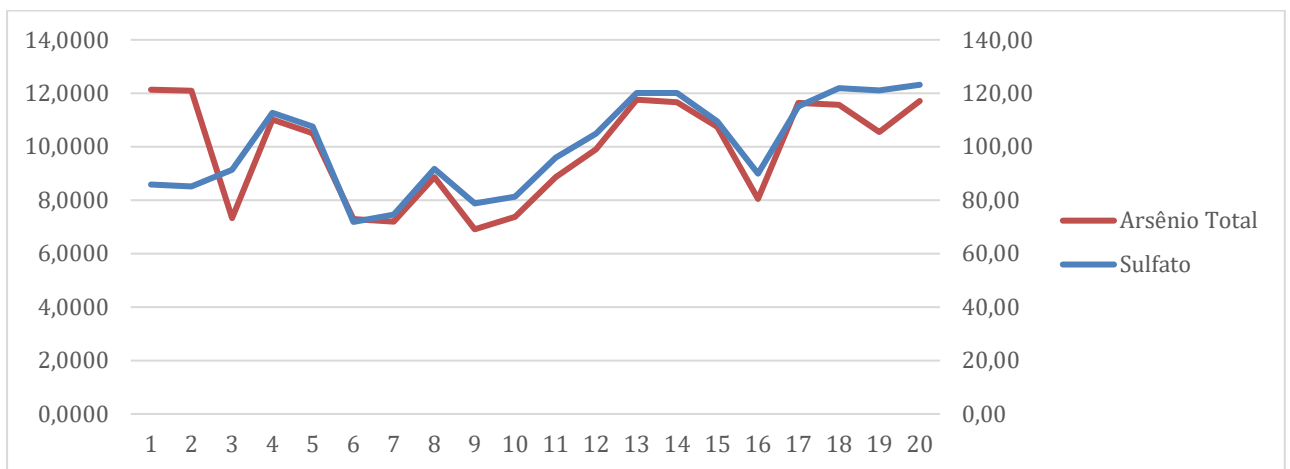


Figura 31 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento arsênio e do ânion sulfato.

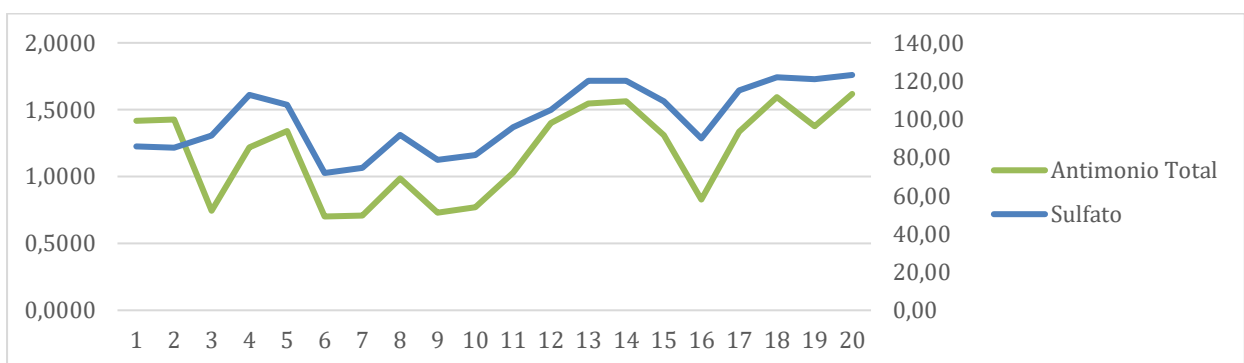


Figura 32 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento antimônio e do ânion sulfato.

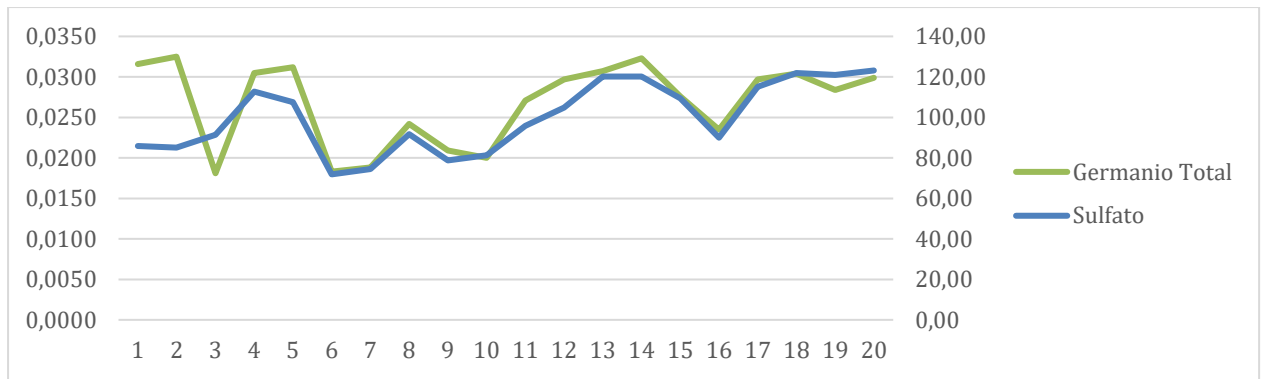


Figura 33 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento germânio e do ânion sulfato.



Figura 34 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento arsênio e do ânion bicarbonato.

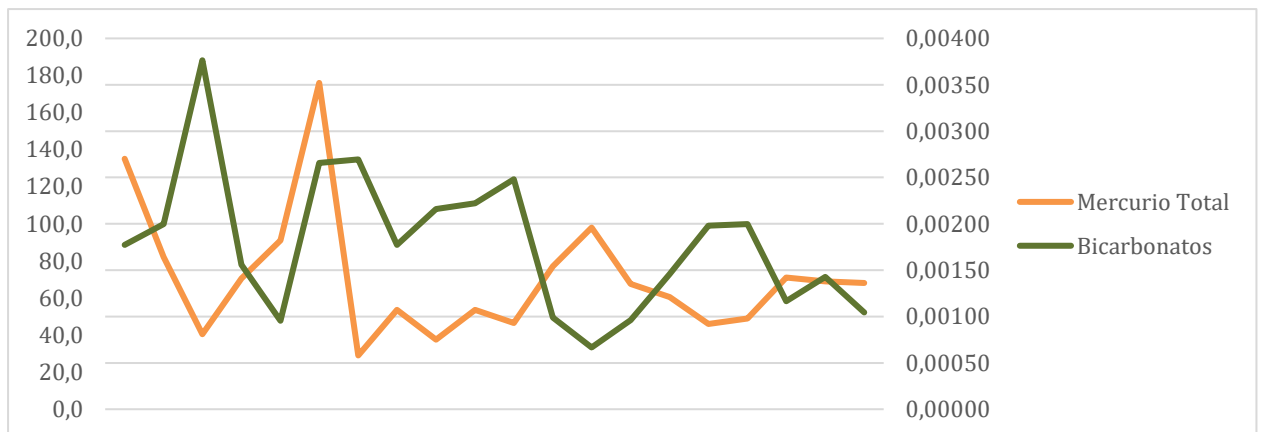


Figura 35 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento mercúrio e do ânion bicarbonato.

Com esses gráficos é possível perceber que os elementos arsênio, antimônio, tálio e germânio apresentam grande afinidade entre si e com o ânion sulfato. Provavelmente, encontram-se na forma sulfatada. Mercúrio e gálio apresentam pouca afinidade com os outros elementos calcófilos, assim como com sulfato e bicarbonato. É possível também

perceber um comportamento oposto entre o ânion bicarbonato e os cátions arsênio e mercúrio.

9.2.2 Siderófilos

Para os siderófilos foram considerados apenas Ferro, Manganês e Molibdênio. A figura 36 apresenta a concentração desses elementos em 20 amostras, assim como a do ânion bicarbonato. A figura 37 compara-os com o ânion sulfato. As figuras 38 a 40 correlacionam esses metais com os ânions de maior afinidade.

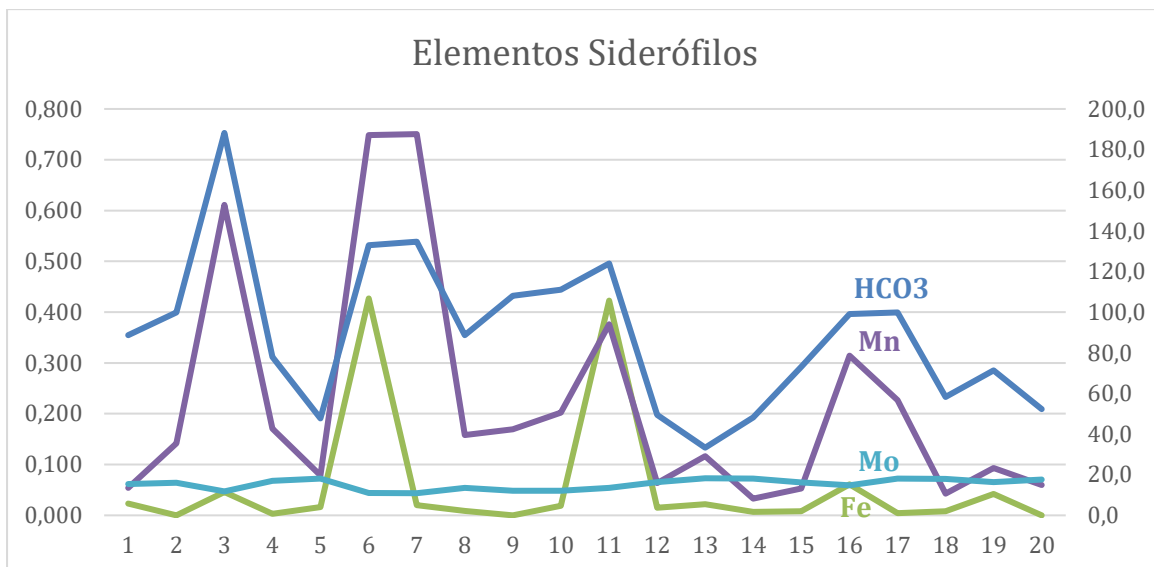


Figura 36 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos siderófilos e do ânion bicarbonato.

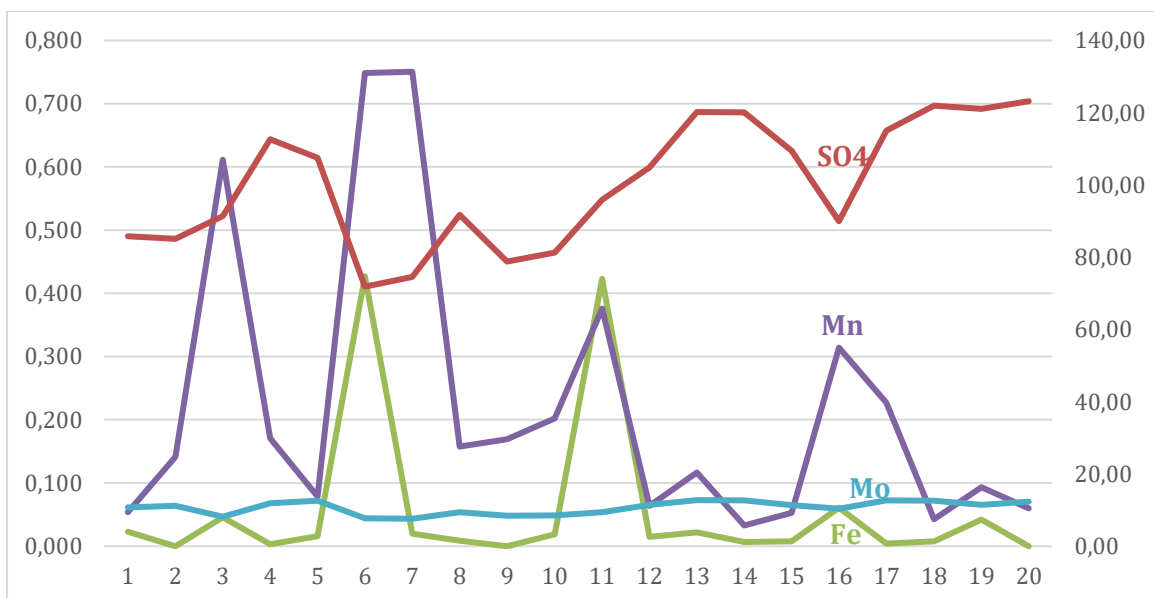


Figura 37 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos siderófilos e do ânion sulfato.

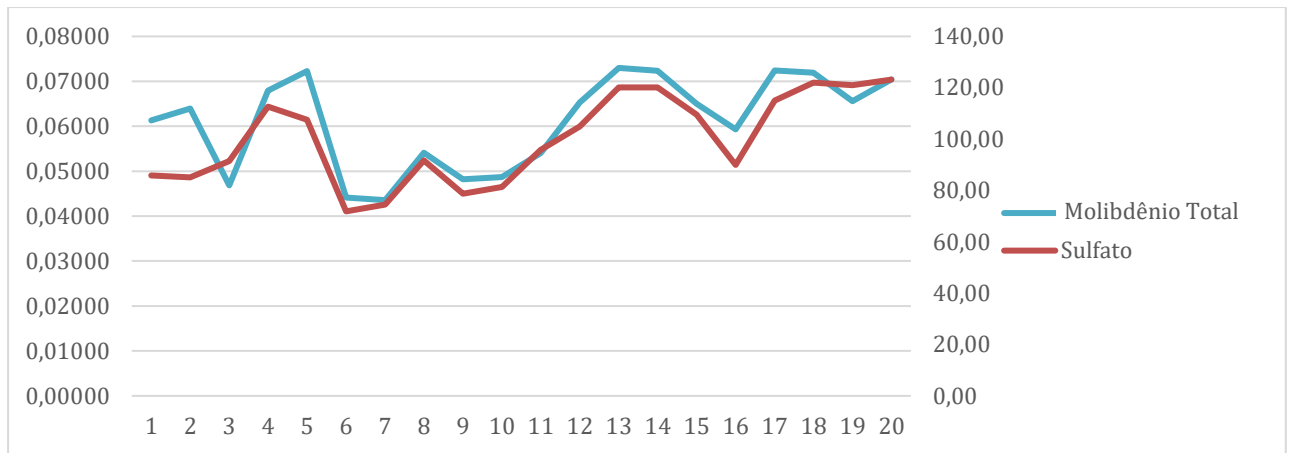


Figura 38 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento molibdênio e do ânion sulfato.

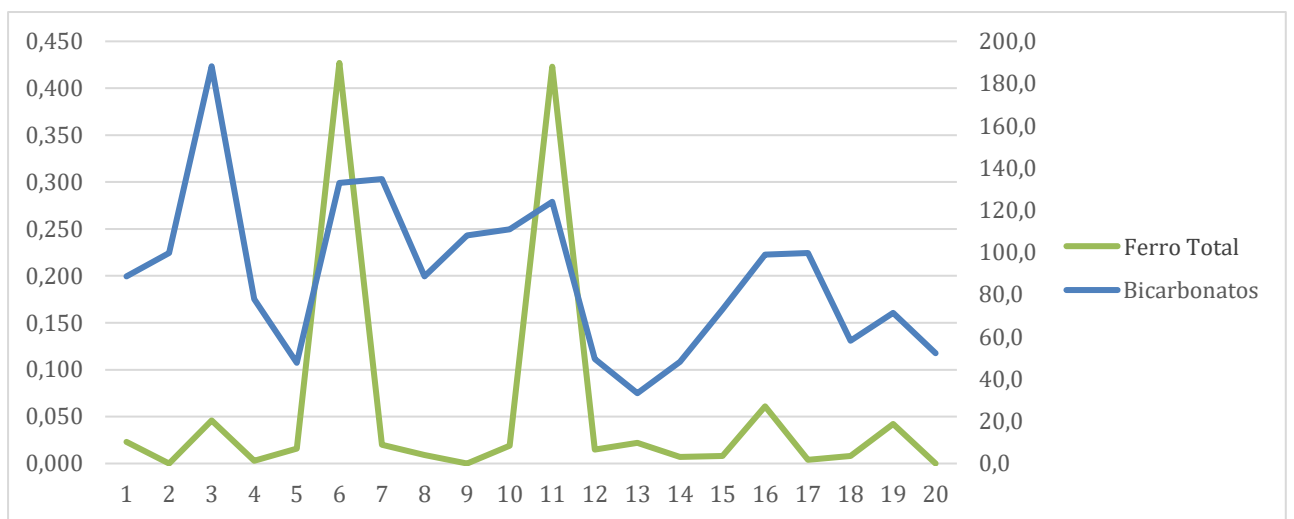


Figura 39 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento ferro e do ânion bicarbonato.

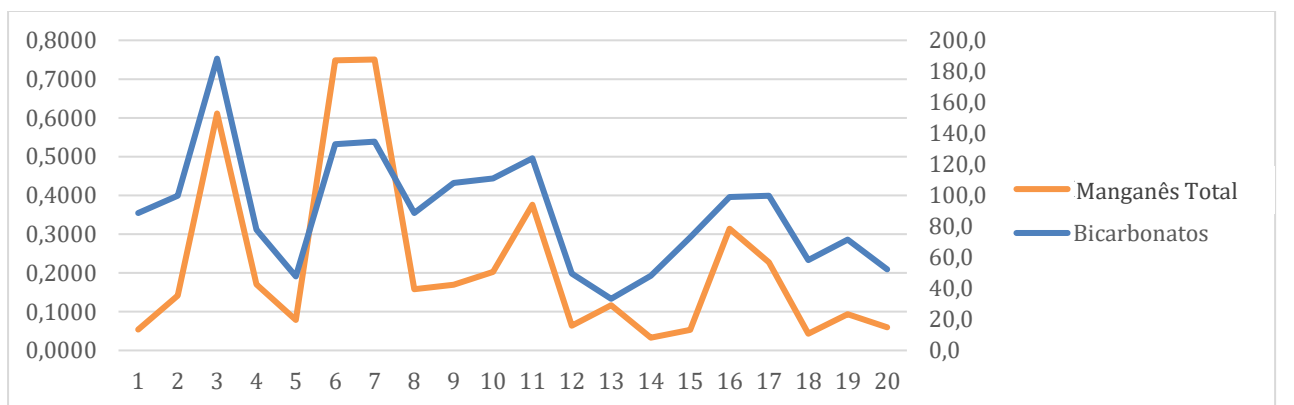


Figura 40 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento manganês e do ânion bicarbonato.

Com esses gráficos é possível perceber uma relação ente esses metais com o ânion bicarbonato. O molibdênio, por outro lado, apresenta assinatura geoquímica muito semelhante com o sulfato. O grupo todo, incluindo o manganês, apresenta comportamento inversamente proporcional com o sulfato, a exceção do molibdênio.

9.2.3 Litófilos

Para os litófilos serão considerados lítio, sódio, potássio, célio, magnésio, cálcio, estrôncio, bário, alumínio, rubídio e boro. A figura 41 compara os litófilos de maior concentração (>5 mg/L) com o ânion sulfato. A figura 42 compara os litófilos de menor concentração (<5 mg/L) com o ânion sulfato. As figuras 43 a 48 correlacionam os elementos individualmente com sulfato ou bicarbonato.

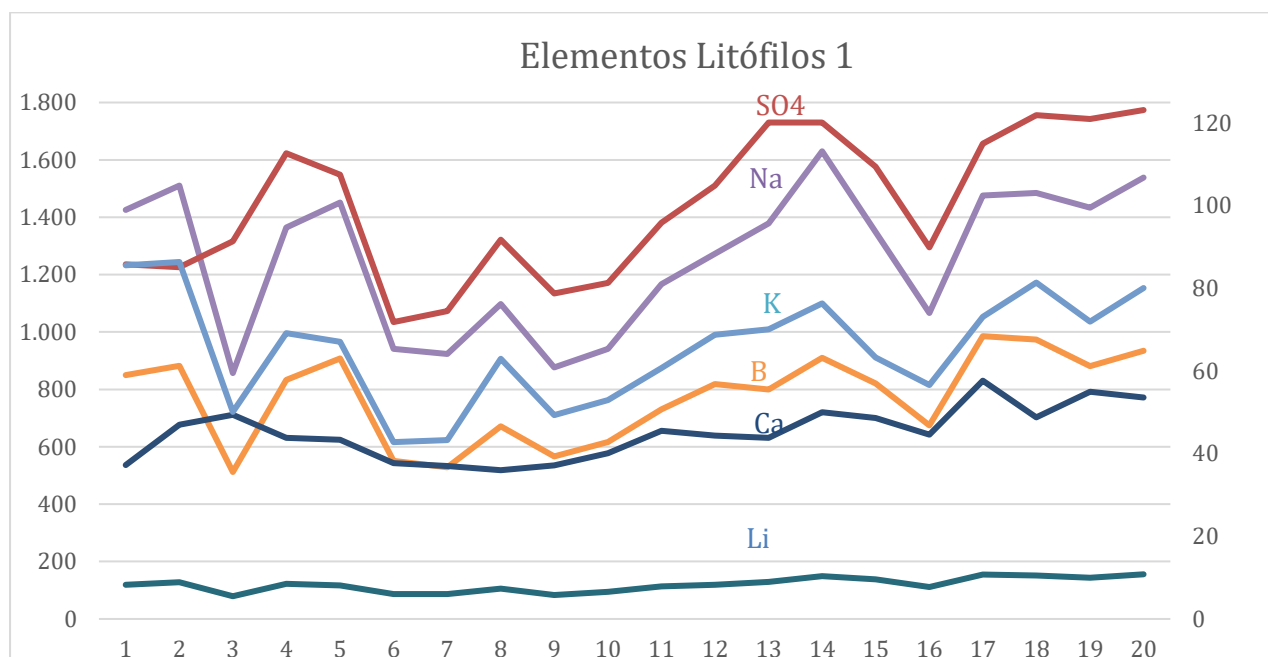


Figura 41 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos litófilos de maior concentração e do ânion sulfato.

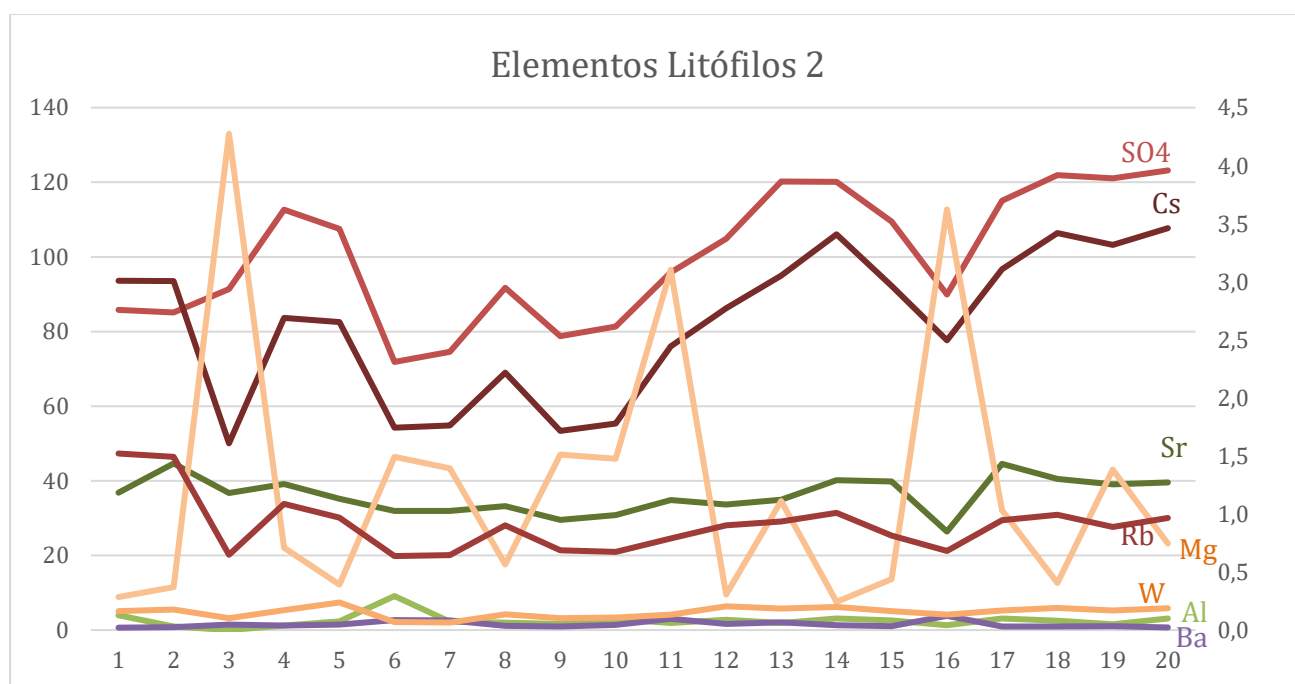


Figura 42 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos litófilos de menor concentração e do ânion sulfato.

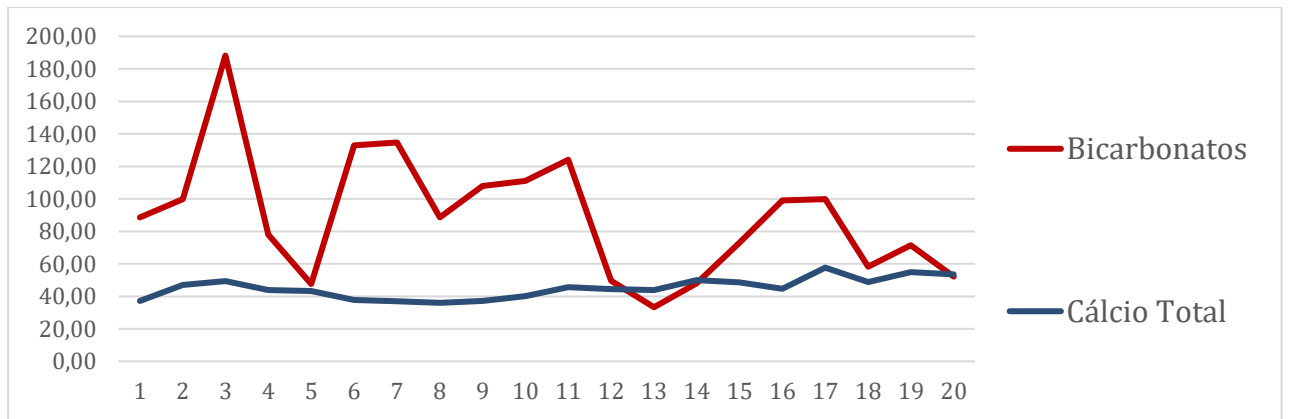


Figura 43 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento cálcio e do ânion bicarbonato.

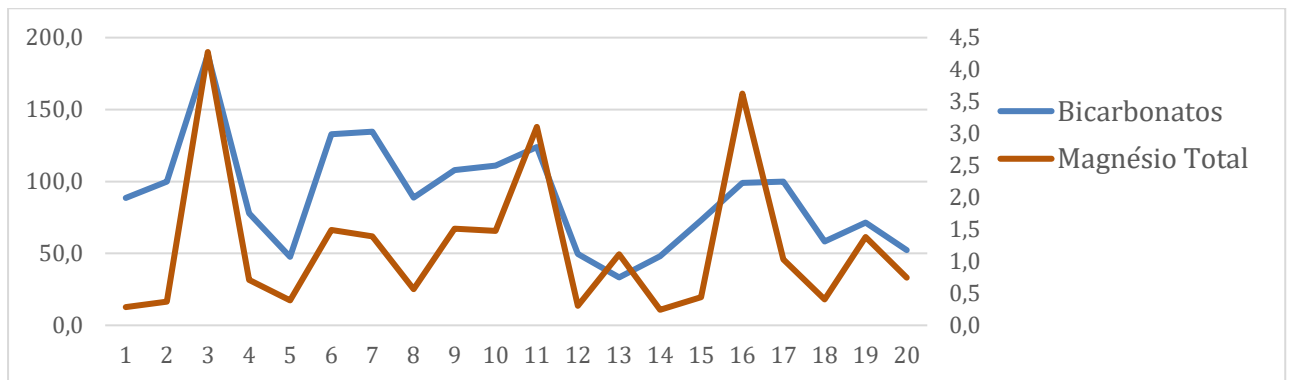


Figura 44 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento magnésio e do ânion bicarbonato.

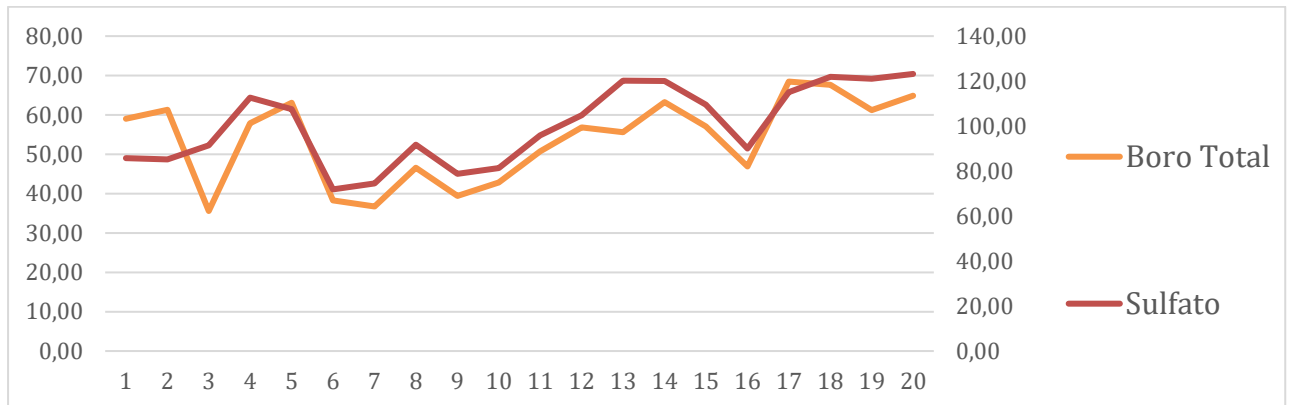


Figura 45 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento boro e do ânion sulfato.

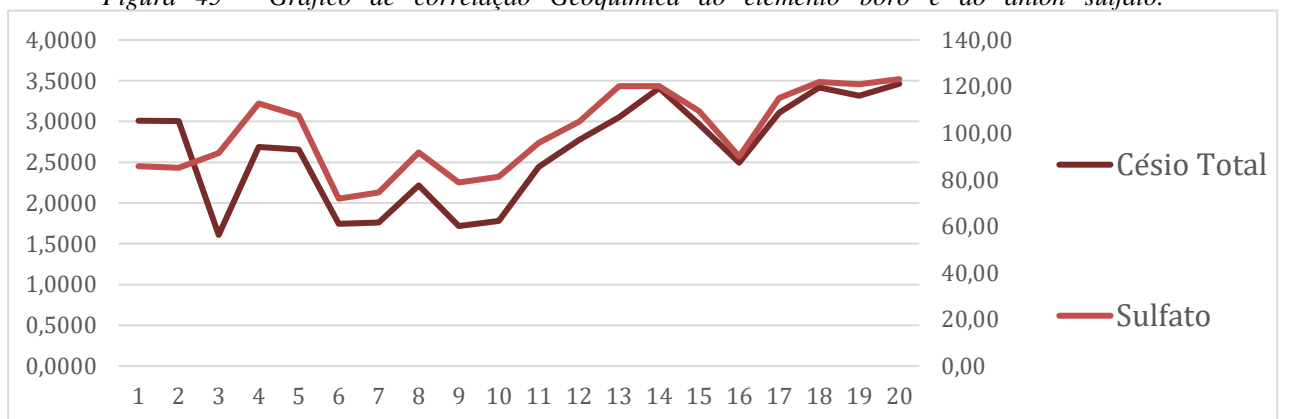


Figura 46 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento césio e do ânion sulfato.

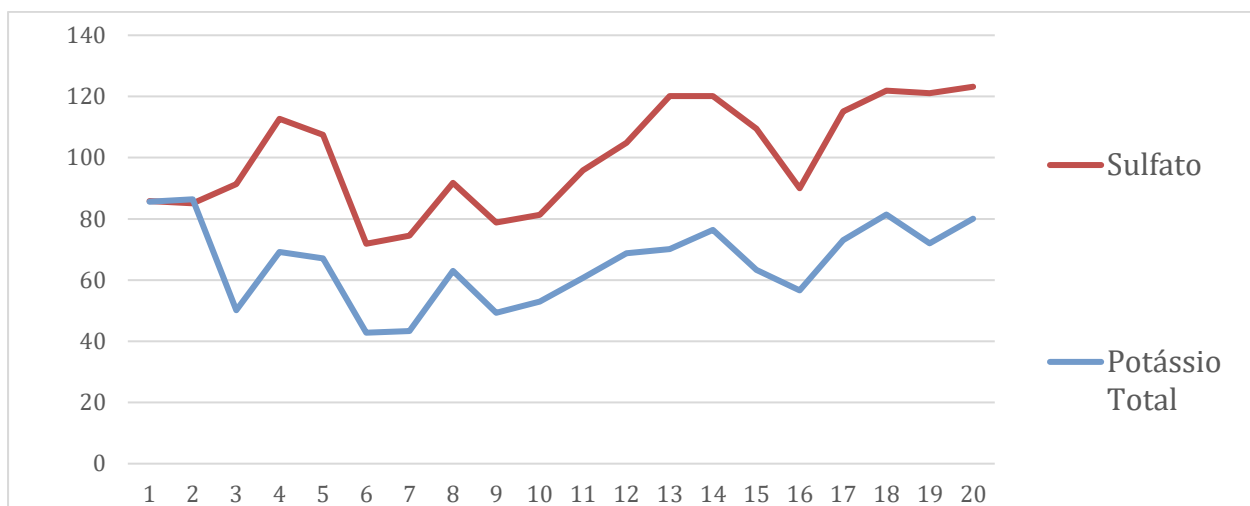


Figura 47 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento potássio e do ânion sulfato.

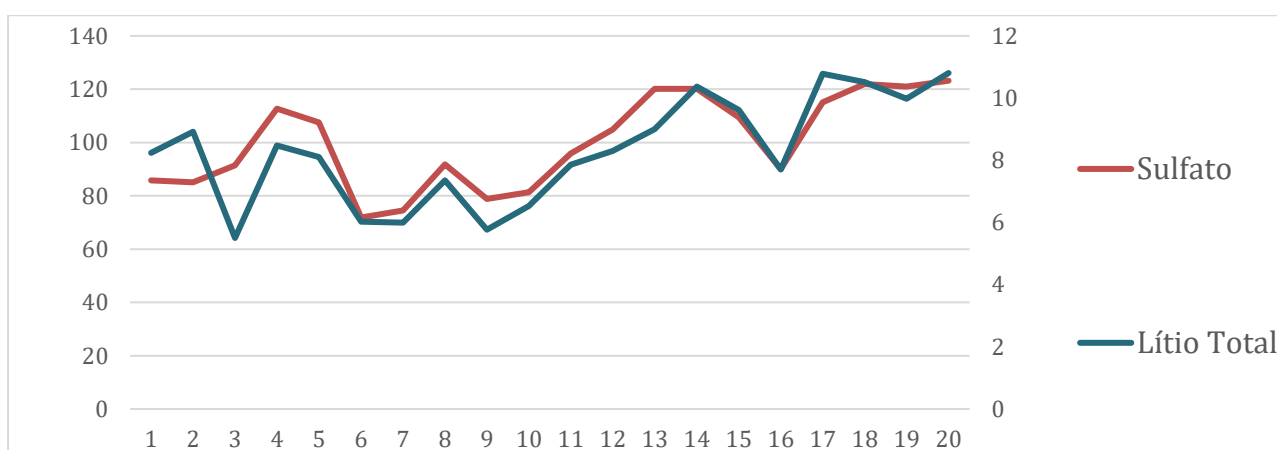


Figura 48 - Gráfico de correlação Geoquímica do elemento lítio e do ânion sulfato.

Com esses gráficos percebe-se que com exceção do cálcio, magnésio e bário, os litófilos de maneira geral têm comportamento muito semelhante entre si e com o ânion sulfato. O magnésio apresenta alguma semelhança com o bicarbonato, enquanto que o cálcio tem comportamento aparentemente independente.

Lítio, boro, céσιο e rubídio apresentam comportamento semelhante, com grande correlação com o sulfato. Isso indica que provavelmente encontram-se na forma sulfatada. O boro em altas concentrações (>0.025 mol/l) tende a estar na forma de íons poliboratos, como $[B_3O_3(OH)_4]^-$, $[B_4O_5(OH)_4]^-$ e $[B_5O_6(OH)_4]^-$, e apesar de ter grande correlação, pode não estar na forma de sulfato.

9.2.4 Elementos potencialmente tóxicos

Apesar da classificação de Goldschmidt apresentar correlação com os dados apresentados, elementos de grupos distintos apresentam comportamentos geoquímicos extremamente semelhantes.

Ao analisar alguns dos elementos químicos potencialmente tóxicos, percebe-se sua semelhança em relação ao comportamento geoquímico. A figura 49 demonstra isso ao apresentar a comparação entre arsênio, antimônio, boro, célio, lítio, manganês e rubídio. O mercúrio por apresentar concentração em ordem de grandeza muito pequena está representado na figura 50.

Os elementos antimônio, arsênio, boro, célio, lítio e rubídio apresentam grande correlação de suas curvas de concentração. Manganês e mercúrio apresentam comportamento diferente dos demais elementos.

Tal informação pode ser importante para o estudo de um possível tratamento dessas águas, além de indicar a origem vulcânica desses elementos (White, 1957), já que como visto nos gráficos anteriores esses elementos apresentam grande correlação com o sulfato.

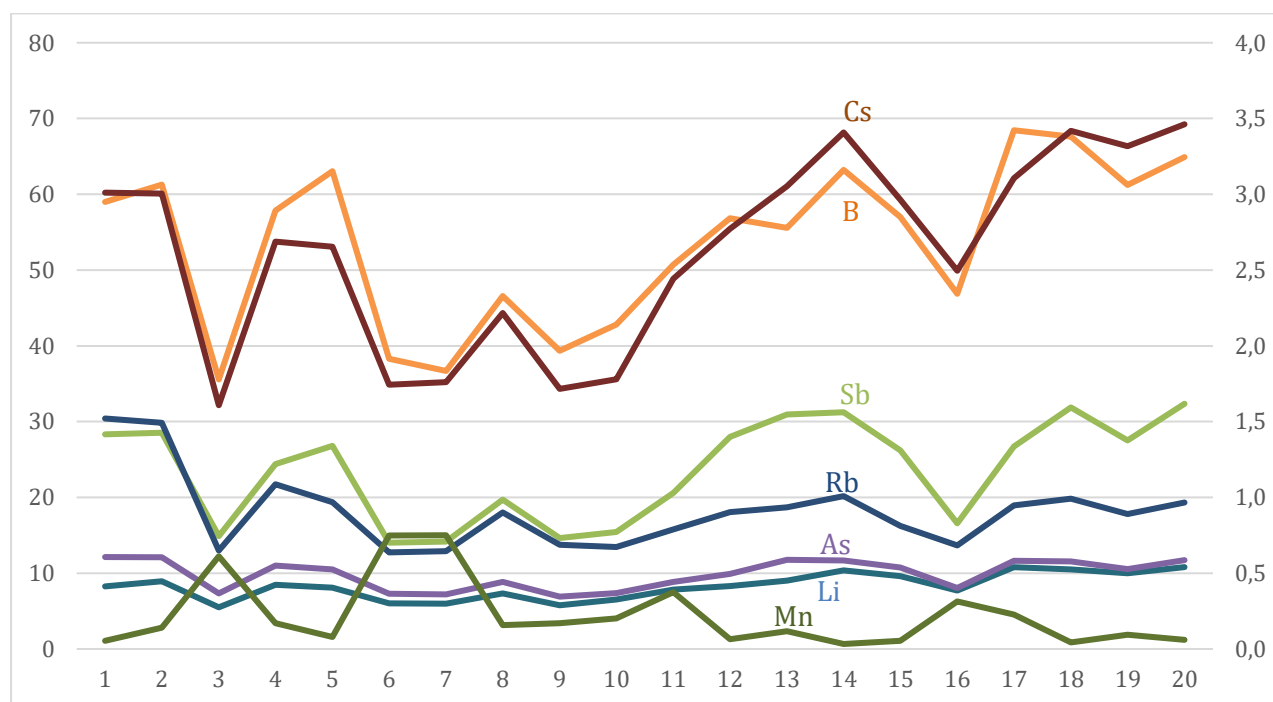


Figura 49 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos potencialmente tóxicos.

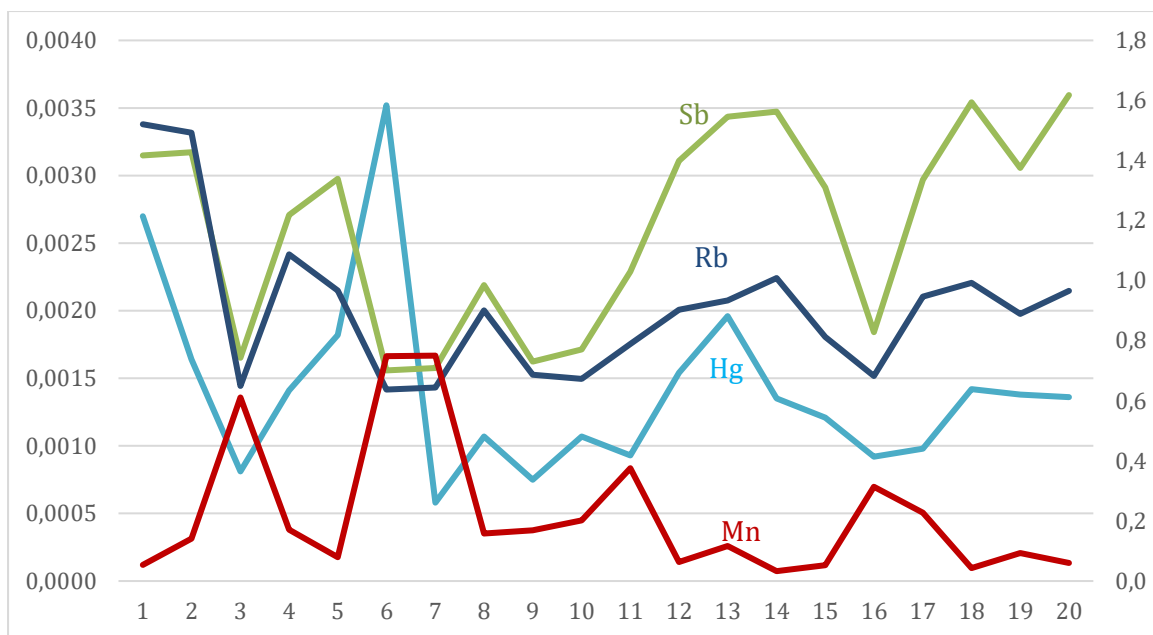


Figura 50 - Gráfico de correlação Geoquímica dos elementos potencialmente tóxicos.

10. POSSÍVEIS FORMAS DE REMEDIAÇÃO

As tecnologias de separação por membranas estão se mostrando muito efetivas no tratamento de águas contaminadas. São métodos de alto custo, porém eficientes para a remoção de íons em grandes volumes de água.

O grande expoente das tecnologias de separação por membranas é a nano filtração. Tal método utiliza poros na ordem dos nanômetros ($10^{-9}m$), sendo que cerca de 95 % do As (5+) e 75% do As (3+) podem ser retirados por esse processo (Sato et al., 2002).

Estudos preliminares encontraram dificuldades na separação do lítio pelo método da nanofiltração (Wen et al., 2006), porém empresas do ramo de exploração mineral estão obtendo sucesso na obtenção do lítio a partir de salmouras geotermiais da Califórnia (MGX Minerals, 2018). Isso, além da importância econômica da obtenção de lítio, amplamente utilizado na indústria de baterias e medicamentos, pode ter aplicação na purificação das águas termais, como no caso das águas do Rio Calientes.

Outros métodos existentes e que são utilizados principalmente na dessalinização e na descontaminação de efluentes industriais são a osmose reversa e a eletrodialise, que também poderiam ser aplicados nesse caso, a depender da viabilidade econômica.

Cáceres et al. (2013) propõe um método caseiro e de baixo custo para remoção de arsênio. Utilizando águas contaminadas da bacia do rio Sama (também no departamento de Tacna), foi possível retirar até 98% de As da água com a utilização de ferro e citrato sob

influência de radiação solar. São substâncias simples e baratas encontradas, respectivamente, na lã de aço e no limão e que os próprios habitantes poderiam utilizar para amenizar as concentrações de arsênio.

11. CONCLUSÕES

As análises químicas realizadas nas amostras de fontes termais da bacia hidrográfica do Rio Calientes apresentaram resultados acima dos padrões de intervenção baseado na legislação brasileira, no que se refere ao conteúdo de elementos químicos potencialmente tóxicos dessas águas. Assim como diversas outras localidades andinas, especialmente norte do Chile e norte da Argentina, recomenda-se grande precaução no uso e consumo dessas águas para diversas finalidades, principalmente consumo humano. Os elementos de maior preocupação são em ordem de importância em relação a norma: arsênio, antimônio, lítio, boro e mercúrio. Césio, rubídio e manganês também apresentam valores altos, porém com baixo potencial de complicações associadas à saúde humana.

As concentrações de **arsênio** estão na ordem de 10 mg/L, cerca de 1000 vezes o estabelecido pela resolução 357 da CONAMA e, segundo a Organização Mundial da Saúde, quase metade da concentração necessária para intoxicação aguda. A ingestão desse metaloide a longo prazo é associada ao aumento do risco de câncer e outras complicações de saúde. É o elemento com concentrações mais preocupante nessas fontes termais.

O **antimônio** exibe concentrações na ordem de 1,4 mg/L, cerca de 280 vezes o estabelecido pela resolução 357 da CONAMA. A ingestão de cerca de dois litros com essa concentração representa cerca de 6 vezes a ingestão máxima diária para um adulto de 70 quilos. É associado a problemas cardíacos, pancreatite e tem possível efeito cancerígeno. É um elemento com concentrações preocupantes nessas fontes termais, as quais vão contribuir para a formação da bacia de drenagem do Rio Calientes.

As concentrações de **lítio** estão na ordem de 10 mg/L, cerca de 4 vezes o limite indicado na resolução 357 da CONAMA. Apesar de não ser um elemento de grande foco nas tabelas de restrição, sua ingestão a longo prazo pode estar associada a problemas nos rins e na tireóide. Não é um elemento extremamente tóxico, porém sua elevada concentração pode sob determinados aspectos de saúde representar um risco potencial se ingerido pelo ser humano.

O **boro** exibe concentrações médias de 55 mg/L, cerca de 110 vezes o limite da resolução 357 da CONAMA. Esse valor representa cerca de 10 vezes a ingestão máxima

diária recomendada pela OMS para o ser humano, considerando-se o consumo de dois litros de água para um indivíduo de 70 quilos. Com indícios de ocasionar desordens no sistema reprodutivo e toxicidade para culturas vegetais, é necessária atenção quanto aos danos que pode causar se ingerido pelo ser humano bem como pelo seu emprego na irrigação agrícola.

O **mercúrio** tem concentrações médias de 0,0014 mg/L, cerca de 7 vezes o limite da resolução 357 da CONAMA. Apesar disso, a OMS indica valores máximos de ingestão diária muito acima do que essa concentração pode resultar. Dessa forma, estes valores apresentam um potencial de dano associado.

A concentração de **manganês** é semelhante ao limite da resolução 357 da CONAMA de 0,1 mg/L. Esse elemento não apresenta grandes riscos ambientais e a saúde humana, tendo, no entanto, influência em características organolépticas, agregando um sabor metálico à água.

Césio e **rubídio** estão em concentrações extremamente anômalas quando comparado a outros rios do mundo. Apesar disso, o potencial de dano associado a tais elementos deve ser melhor estudado

A tentativa de se estabelecer uma correlação geoquímica entre esses diversos elementos e ânions analisados pelos colaboradores do Peru permite concluir que os elementos citados anteriormente apresentam assinaturas geoquímicas muito semelhantes, com exceção de manganês e mercúrio. O sulfato também apresentou boa correlação com esses elementos, podendo ser indicado como um possível ânion para alguns deles, em especial lítio, antimônio, boro, arsênio, césio e rubídio. Sb, As, e B por serem semimetais (metaloídes) podem formar ânions a depender das condições físico-químicas do sistema aquoso. De todo modo, a identificação de possíveis ânions é restrita, uma vez que poucos ânions foram analisados, sendo necessário a realização de novas análises visando diagnosticar por exemplo a contribuição de cloretos.

A partir do exposto, é possível concluir que há um grande risco potencial à saúde humana caso as águas provenientes das fontes termais da bacia hidrográfica do rio Calientes sejam utilizadas em sua forma bruta para consumo das populações que estão instaladas proximais a essa bacia hidrográfica.. Não constam relatos na literatura de uso direto dessas águas como fonte de abastecimento, porém é de grande necessidade que o poder público local alerte sobre o risco iminente que incide no uso dessas águas para os mais diversos fins.

À jusante das fontes termais, o rio Calientes é denominado de Salado, em tradução livre “salgado”, o que pode indicar que suas propriedades sensoriais sejam restritivas

quanto ao consumo mais amplo. Existem poucas informações na bibliografia quanto ao seu uso direto, seja para beber ou cozinhar alimentos, ou até mesmo sua utilização para a rega de plantações. Porém, por se tratar de uma região árida é possível que comunidades ribeirinhas estejam utilizando direta ou indiretamente as águas do rio Salado em suas atividades diárias. É necessário que haja uma investigação quanto a forma de distribuição de água na região, assim como os usos destinados a essas águas.

O Rio Salado encontra-se com o Rio Callazas (que também apresenta fontes termais em sua bacia hidrográfica) formando a Lagoa Aricota. Há relatos de concentrações de arsênio e/ou boro tanto no Rio Callazas quanto na Lagoa Aricota, porém substancialmente inferiores às encontradas no Rio Calientes. Entende-se com os resultados, aqui expostos, que as fontes termais do rio Calientes (e possivelmente a do Callazas) são provavelmente a principal fonte desses elementos e que são sucessivamente diluídas à montante, devido ao maior aporte de águas provenientes de derretimento de geleiras.

Técnicas de filtração por membrana podem ser utilizadas para amenizar as concentrações anômalas presentes nessas águas, porém as mais eficientes, como a nanofiltração e a osmose reversa apresentam alto custo de operação. Empresas de mineração podem apresentar interesse na obtenção de lítio a partir de nanofiltração, a depender da viabilidade econômica no local, uma vez que tal elemento tem grande aplicação na indústria de baterias e medicamentos e possui poucas reservas pelo mundo.

Um método caseiro, que utiliza ferro, citrato e radiação solar, pode diminuir os níveis de arsênio em escala domiciliar. Por ser o elemento de maior preocupação na região, é de grande valia que novos estudos sejam realizados com essa técnica para avaliar sua viabilidade.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARELLANO MONTAÑEZ, Ricardo Humberto; NOÉ VILLALTA, Wilfredo Alexande. Evaluación preliminar de datos geológicos y geoquímicos del área geotérmica de Tutupaca, Región de Tacna en el sur de Perú. Tese de Doutorado. Universidad de El Salvador, p. 32-34, 2016.
- BARRAGÁN, R. et al. Chemical description of spring waters from the Tutupaca and Rio Calientes (Peru) geothermal zones. *International journal of energy research*, v. 23, n. 2, p. 125-139, 1999
- BRASIL, CONAMA. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357, 2005
- BROUWER, E. et al. Cesium and rubidium ion equilibriums in illite clay. *The Journal of Physical Chemistry*, v. 87, n. 7, p. 1213-1219, 1983.
- CABELL, M. J.; SMALES, A. A. The determination of rubidium and caesium in rocks, minerals and meteorites by neutron-activation analysis. *Analyst*, v. 82, n. 975, p. 390-406, 1957.
- CÁCERES, Edgardo Avendaño; LÓPEZ, Edilberto Mamani; FABIÁN, Danitza Fabián. REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL RÍO SAMA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE HIERRO CERO VALENTE (Cuenca del Río Sama, Provincia de Tacna). *Ciencia & Desarrollo*, n. 15, p. 34-39, 2013.
- CONCHA, Gabriela et al. High-level exposure to lithium, boron, cesium, and arsenic via drinking water in the Andes of northern Argentina. *Environmental science & technology*, v. 44, n. 17, p. 6875-6880, 2010.
- CLIFTON II, Jack C. Mercury exposure and public health. *Pediatric clinics of north america*, v. 54, n. 2, p. 237. e1-237. e45, 2007.
- CLIMATE-DATA, Climatologia de Candarave. Disponível em: <<https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/tacna/candarave-771611/>> (Acesso em Abril de 2019)
- CORTES, S. et al. Boron exposure assessment using drinking water and urine in the North of Chile. *Science of the Total Environment*, v. 410, p. 96-101, 2011.
- CRUZ PAUCCARA, Vicentina; MATSUDA, Koji. Caracterización geoquímica de las fuentes termales en campo geotermal de Calientes, Tacna. p. 1-4, 2008.
- CRUZ, Vicentina; MATSUDA, Koji. Geochemical Study of Thermal Waters in the Tutupaca Geothermal Zone, Tacna, South of Peru. *Proceedings World Geothermal Congress 2015*, 9 p., 2015.

- CUTIPA CONDORI, Victoria del Carmen. Análisis del cambio climático y sus efectos en el comportamiento hidrológico de la laguna Aricota, usando el modelo WEAP. 2014.
- DE ESPARZA, Mb Castro. Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública. In: International Congress Natural Arsenic in Groundwaters in Latin America, 14 p., 2006.
- DE LIMA RODRIGUES, Aline Sueli. Efeitos da exposição ao arsênio na saúde humana. *Saúde. com*, v. 4, n. 2, 2016
- DONDE TACNA, Gêiseres de Calientes. Disponível em:
<<http://www.dondetacna.com/attractivo-turistico/35>> (Acesso em Agosto de 2017).
- EUROPEIA. Diretiva 98/83/CE do Conselho, de 3 de novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. L, v. 330, p. 32-54, 1998.
- FIGUEROA, L. et al. Environmental lithium exposure in the North of Chile—I. Natural water sources. *Biological trace element research*, v. 149, n. 2, p. 280-290, 2012.
- FILELLA, Montserrat; BELZILE, Nelson; CHEN, Yu-Wei. Antimony in the environment: a review focused on natural waters: I. Occurrence. *Earth-Science Reviews*, v. 57, n. 1-2, p. 125-176, 2002.
- FRANCO, Alberto; PONCE, Silvia; RODRÍGUEZ, Juan. Actividad hidrogeológica del sur del Perú, una evaluación situacional de las cuencas de Sama y Locumba. *Tecnia*, v. 22, n. 1, 2012.
- GAILLARDET, J.; VIERS, J.; DUPRÉ, B. Trace elements in river waters. *Treatise on geochemistry*, v. 5, p. 605, 2003.
- GOLDSCHMIDT, Victor Moritz. *Geochemistry*. LWW, 1954.
- HARARI, Florencia et al. Exposure to lithium and cesium through drinking water and thyroid function during pregnancy: a prospective cohort study. *Thyroid*, v. 25, n. 11, p. 1199-1208, 2015.
- INGEMMET. Mapa geológico del cuadrángulo de Tarata 35v (2836) 1: 100 000 (digital). INGEMMET, Lima, 2016.
- JAÉN LA TORRE, Hugo. *Geología del cuadrángulo de Tarata*. 1965. Lima, Perú: Comisión Carta Geológica Nacional.
- JOHNSON, Garland T.; LEWIS, Trent R.; WAGNER, William D. Acute toxicity of cesium and rubidium compounds. *Toxicology and applied pharmacology*, v. 32, n. 2, p. 239-245, 1975.

- KESLER, Stephen E. et al. Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposits. *Ore Geology Reviews*, v. 48, p. 55-69, 2012.
- LOPEZ, Edilberto Pablo Mamani; QUISPE, Vicente Chambilla. Análisis fisicoquímico y biológico del agua para consumo humano en el distrito de Huanuara. *Ciencia & Desarrollo*, n. 11, 2017.
- MANRIQUE, N. Evolución Vulcanológica y Magmática del Edificio Reciente del Complejo Volcánico Tutupaca (Tacna). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. 2013. Tese de Doutorado. Tesis. 90 p.
- MANDAL, Badal Kumar; SUZUKI, Kazuo T. Arsenic round the world: a review. *Talanta*, v. 58, n. 1, p. 201-235, 2002.
- MGX MINERALS, MGX Minerals Strengthens Leadership Team to Execute California Lithium Strategy; Appoints Randall Keller As VP of Business Development, Vancouver, 23 de Janeiro de 2018. Disponível em:
<<https://www.mgxminerals.com/investors/news/2018/315-mgx-minerals-strengthens-leadership-team-to-execute-california-lithium-strategy-appoints-randall-keller-as-vp-of-business-development.html>>. Acesso em : 05 de Fevereiro de 2018.
- MELNIKOV, Petr; ZANONI, Lourdes Zélia. Clinical effects of cesium intake. *Biological trace element research*, v. 135, n. 1-3, p. 1-9, 2010.
- MINAM. Decreto Supremo N° 002-2008 –. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas Categoría: Poblacional y recreacional. Perú. 2008.
- NABLE, Ross O.; BAÑUELOS, Gary S.; PAULL, Jeffrey G. Boron toxicity. *Plant and soil*, v. 193, n. 1-2, p. 181-198, 1997.
- OLIVEIRA, Jobson Lopes de et al. Lithium nephrotoxicity. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 56, n. 5, p. 600-606, 2010.
- RIVERA, Marco; MARIÑO, Jersy. Volcán Yucamane (sur del Peru): Geología, Petrología y evaluación preliminar de las amenazas volcánicas. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* v. 98, p. 7-27, 2004.
- SATO, Yuko et al. Performance of nanofiltration for arsenic removal. *Water Research*, v. 36, n. 13, p. 3371-3377, 2002.
- SAYLI, Bekir Sitki; TÜCCAR, Ersöz; ELHAN, Atilla Halil. An assessment of fertility in boron-exposed Turkish subpopulations. *Reproductive Toxicology*, v. 12, n. 3, p. 297-304, 1998.

ANEXO 1 – Tabela 1

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE G.

AV. MIRAFLORES NRO. SN CERCADO (CIUDAD UNIVERSITARIA)TACNA - TACNA - TACNA

ENV / LB-342062-002

PROCEDENCIA : **CANDARAVE - TACNA**

Fecha de Recepción SGS : 17-07-2016 16:09

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
1-A-2016
2-A-2016
3-A-2016
4-A-2016
5-A-2016
6-A-2016
7-A-2016
8-A-2016
9-A-2016
10-A-2016
11-A-2016
12-A-2016
13-A-2016
14-A-2016
15-A-2016
16-A-2016
17-A-2016
18-A-2016
19-A-2016
20-A-2016

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 26/07/2016

Frank M. Julcamoro Quispe CQP 1033

Coordinador de Laboratorio

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				1-A-2016 14/07/2016 06:40 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	2-A-2016 14/07/2016 06:45 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	3-A-2016 14/07/2016 06:50 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	4-A-2016 14/07/2016 07:15 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO3/L	0,6	124,4	159,5	165,8	58,0
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0,5	75,1	88,6	92,3	69,2
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.000,00	6.020,00	5.990,00	7.130,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.700	3.540	3.480	4.340
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	66,08	61,20	108,98	88,88
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	0,08	0,12	0,08	0,07
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	1,6148	1,3869	1,4617	2,0684
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	7,457	7,757	8,323	9,731
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,030	0,030	0,033	0,024
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0002	0,0004	0,0004	0,0002
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	56,24	56,95	55,77	68,12
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	28,792	31,360	31,199	25,555
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	2,8525	2,5782	2,6124	3,4262
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	0,00015	0,00012	0,00012	0,00010
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,004	0,002	0,002	<0.001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	0,004	0,003
Estañio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9671	0,9846	0,9973	1,0301
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00144	0,00199	0,00223	0,00246
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0274	0,0291	0,0303	0,0353
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,068	0,202	0,008	<0.001
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	13,1388	12,5085	12,4275	14,2583
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,850	1,139	1,145	0,183
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,1004	0,1816	0,1790	0,0230
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00223	0,00142	0,00145	0,00203
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,04374	0,04161	0,04313	0,07030
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	0,0010	<0.0004	0,0018	0,0013
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,0007	0,0009	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	94,1	91,1	92,4	126,7
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,7620	1,6651	1,6926	2,3868
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	0,003
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	258.88 *	278.83 *	292.06 *	421.28 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	121,01	130,33	136,51	196,92
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.265.65	1.289,17	1.263,95	1.561,31
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00652	0,00651	0,00704	0,00925
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	0,002	0,003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0831	0,0839	0,0882	0,1620
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0060	0,0053	0,0060	0,0032
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				5-A-2016 14/07/2016 07:45 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	6-A-2016 14/07/2016 08:15 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	7-A-2016 14/07/2016 08:45 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	8-A-2016 14/07/2016 09:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO3/L	0,6	64,1	2,7	82,2	113,3
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0,5	67,8	128,7	85,6	95,1
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.940,00	535,00	6.380,00	6.550,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	4.100	6.070	3.800	3.850
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031	0,553	<0.031	<0.031
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	103,25	170,36	79,46	83,18
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	0,07	31,00	0,07	0,03
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	1,9422	0,3405	1,7474	1,6955
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	10,058	1,056	8,363	9,089
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,023	2,381	0,029	0,016
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0002	0,0085	0,0002	0,0005
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	0,00029	<0.00005	<0.00005
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	66,41	1,36	60,23	62,95
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	0,0021	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	25,194	42,322	31,690	36,525
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	0,46935	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	3,2600	0,1907	3,0240	2,9270
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	0,00014	0,29496	<0.00007	<0.00007
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	0,567	<0.001	0,001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,002	0,012	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9856	0,5861	1,0967	1,2208
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	0,7	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00166	0,01346	0,00117	0,00063
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0308	<0.0002	0,0268	0,0284
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,005	117,066	0,058	0,018
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	0,2239	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	13,4002	0,0271	12,1744	13,0331
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	0,00095	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,215	10,652	0,251	0,682
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,0380	4,3338	0,0239	0,0852
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00199	0,40131	0,00146	0,00103
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,06614	0,00323	0,05941	0,06032
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	0,0009	0,1857	0,0008	0,0013
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	0,0043	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	0,0890	0,0005	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	122,4	21,4	108,6	90,6
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	2,2065	0,2217	1,9784	1,6490
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,002	0,003	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	379.49 *	168.97 *	313.49 *	334.14 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	177.38	78,98	146,53	156,18
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.442,21	12,65	1.353,15	1.482,68
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00902	0,21923	0,00618	0,00637
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	0,03200	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,02	0,57	0,01	0,02
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	0,02259	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,003	0,103	<0.002	<0.002
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1566	0,0040	0,1354	0,1303
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	0,00774	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0016	0,8823	0,0111	0,0025
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				9-A-2016 14/07/2016 09:45 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	10-A-2016 14/07/2016 10:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	11-A-2016 15/07/2016 06:12 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	12-A-2016 15/07/2016 06:31 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO ₃ /L	0,6	99,9	95,8	187,9	137,0
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO ₃ /L	0,5	103,8	89,8	128,0	90,4
Análisis Fisicoquímicos							
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.650,00	6.620,00	4.230,00	4.140,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	4.080	3.870	2.400	2.400
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	101,54	65,93	103,41	91,36
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	0,05	0,06	0,05	0,06
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	1,8071	1,7698	0,8752	0,9086
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	9,090	9,173	5,444	6,112
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,025	0,022	0,047	0,079
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0004	0,0004	0,0002	0,0002
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	66,12	64,43	37,98	39,54
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	40,097	34,830	40,861	31,219
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	3,1854	3,2116	1,6614	1,8392
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	0,00011	0,00012	0,00016	0,00010
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,002	0,003	0,008	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,4585	1,2546	1,1445	1,0095
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00103	0,00114	<0.00004	<0.00004
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0283	0,0280	0,0152	0,0153
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,023	<0.001	0,027	0,017
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	13,4071	12,8828	7,5383	8,2877
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,391	0,303	3,661	1,202
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,0932	0,0616	0,4332	0,6225
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00169	0,00170	0,00082	0,00075
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,06549	0,06421	0,04526	0,04301
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	0,0009	0,0010	0,0010	<0.0004
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	91,4	90,0	49,8	39,9
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,5735	1,5369	0,6510	0,6500
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	333.24 *	321.60 *	255.91 *	221.07 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	155,77	150,32	119,62	103,33
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	1.451,81	1.368,76	868,71	923,99
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00589	0,00589	0,00168	0,00192
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,02	0,02	<0.01	<0.01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,002	<0.002	<0.002	0,002
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1639	0,1657	0,0931	0,0629
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0065	0,0044	0,0037	0,0021
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				13-A-2016 15/07/2016 06:41 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	14-A-2016 15/07/2016 06:55 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	15-A-2016 15/07/2016 07:04 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	16-A-2016 15/07/2016 07:25 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO3/L	0,6	90,8	108,6	109,1	123,8
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0,5	78,8	86,3	90,5	100,1
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	5.090,00	4.270,00	4.410,00	5.300,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.020	2.400	2.520	2.860
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	120,35	100,44	103,35	117,67
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	0,07	0,06	0,03	0,02
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	1,2161	0,8762	0,8918	1,2834
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	7,273	5,400	5,801	7,266
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,034	0,027	0,024	0,079
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	47,17	38,65	42,13	48,87
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	29,322	30,322	33,009	37,790
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	2,1858	1,7587	1,7095	2,3759
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	0,00013	0,00015	0,00016	0,00010
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,0239	0,9703	0,9376	1,0817
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00055	0,00017	0,00016	<0.00004
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0202	0,0167	0,0164	0,0244
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	0,342
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	9,2574	8,0893	8,2230	9,6119
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,382	1,128	1,237	2,200
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,1263	0,1461	0,1512	0,3013
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00147	0,00088	0,00072	0,00110
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,05239	0,04760	0,04568	0,05387
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	0,0008	0,0008
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	56,0	46,0	45,9	56,4
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,8878	0,6825	0,6714	0,7852
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	234.86 *	230.88 *	234.21 *	225.14 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	109,78	107,92	109,48	105,24
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	961,02	878,91	870,09	994,79
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00292	0,00217	0,00204	0,00241
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,005	0,017	0,014	<0.002
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1245	0,0890	0,0912	0,1144
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0057	0,0013	<0.0008	<0.0008
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				17-A-2016 15/07/2016 07:35 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	18-A-2016 15/07/2016 07:47 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	19-A-2016 15/07/2016 07:58 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA	20-A-2016 15/07/2016 08:21 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRANEA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO ₃ /L	0,6	49,4	48,9	77,4	47,3
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO ₃ /L	0,5	91,9	84,4	89,6	96,4
Conductividad	EW_APHA2510B	μS/cm	--	5.770,00	5.760,00	6.140,00	6.470,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.130	3.260	3.800	3.820
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	120,52	112,81	143,75	148,16
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	0,05	0,09	0,06	0,07
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	1,7079	1,7061	1,5116	1,7247
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	8,750	8,583	8,846	9,918
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,050	0,049	0,041	0,032
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	<0.0001	0,0001	0,0002	0,0001
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	54,69	57,91	56,07	60,24
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	34,481	36,470	33,854	36,557
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	2,7025	2,6710	2,6898	3,1784
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	0,00015	0,00012	<0.00007	0,00011
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,1216	1,0915	1,2177	1,2921
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00122	0,00095	0,00058	0,00190
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0278	0,0272	0,0271	0,0290
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	0,050	0,010	0,008
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	10,0602	10,6210	10,5482	11,4946
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,389	0,309	0,508	0,287
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,0578	0,0605	0,1262	0,0322
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00167	0,00192	0,00156	0,00131
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,06827	0,06764	0,06557	0,07212
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	0,0005	0,0007
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	56,4	60,7	63,3	56,9
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9636	0,9332	1,0795	1,0278
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	0,002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	249.59 *	259.38 *	281.49 *	291.44 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	116,66	121,24	131,58	136,23
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.160,01	1.153,38	1.112,69	1.393,02
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00199	0,00199	0,00378	0,00339
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,003	0,002	0,003	0,021
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1913	0,2057	0,1639	0,1719
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0031	0,0032	0,0056	0,0013
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

CONTROL DE CALIDAD

LD: Límite de detección
 MB: Blanco del proceso.
 LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
 MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
 MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
 Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Bicarbonatos	mg HCO3/L	0,6	17/07/2016	<0.6	0%	93 - 96%		
Dureza Total	mgCaCO3/L	0,5	17/07/2016	<0.5	0%	99 - 100%		
Conductividad	µS/cm	--	17/07/2016		0%	100 - 101%		
Sólidos Totales	mg/L	1	17/07/2016	<1	0%	100%		
Aluminio Total	mg/L	0,02	17/07/2016	<0.02	0 - 8%	NA - 98%	NA - 91%	NA - 0%
Antimonio Total	mg/L	0,0008	17/07/2016	<0.0008	0 - 7%	96 - 101%	100 - 105%	2 - 3%
Arsénico Total	mg/L	0,001	17/07/2016	<0.001	0 - 7%	102 - 104%	104 - 107%	0 - 2%
Bario Total	mg/L	0,002	17/07/2016	<0.002	0 - 8%	92 - 93%	95 - 103%	0 - 10%
Berilio Total	mg/L	0,0001	17/07/2016	<0.0001	0 - 7%	94 - 95%	93 - 99%	1 - 2%
Bismuto Total	mg/L	0,00005	17/07/2016	<0.00005	0%	97 - 104%	98 - 101%	2%
Boro Total	mg/L	0,01	17/07/2016	<0.01	1 - 8%	98 - 99%	93 - 97%	0 - 4%
Cadmio Total	mg/L	0,0002	17/07/2016	<0.0002	0 - 7%	99 - 103%	99 - 105%	0 - 5%
Calcio Total	mg/L	0,003	17/07/2016	<0.003	0 - 7%	102 - 103%	94 - 98%	0 - 2%
Cerio Total	mg/L	0,00008	17/07/2016	<0.00008	0 - 1%	91 - 93%	91 - 92%	1 - 2%
Cesio Total	mg/L	0,0001	17/07/2016	<0.0001	0 - 7%	93 - 94%	102 - 103%	0 - 2%
Cobalto Total	mg/L	0,00007	17/07/2016	<0.00007	0 - 6%	100 - 104%	100 - 106%	2 - 5%
Cobre Total	mg/L	0,001	17/07/2016	<0.001	0 - 4%	100%	94 - 97%	1 - 7%
Cromo Total	mg/L	0,002	17/07/2016	<0.002	0 - 7%	100 - 103%	95 - 109%	2 - 4%
Estaño Total	mg/L	0,0010	17/07/2016	<0.0010	0%	100 - 102%	98 - 101%	0 - 2%
Estroncio Total	mg/L	0,0003	17/07/2016	<0.0003	0 - 8%	105 - 107%	93 - 96%	0 - 10%
Fósforo Total	mg/L	0,2	17/07/2016	<0.2	0 - 3%	NA - 99%	NA - 99%	NA - 4%
Galio Total	mg/L	0,00004	17/07/2016	<0.00004	0 - 8%	98 - 100%	101 - 109%	1 - 7%
Germanio Total	mg/L	0,0002	17/07/2016	<0.0002	0 - 8%	97 - 102%	93 - 101%	0 - 4%
Hafnio Total	mg/L	0,00005	17/07/2016	<0.00005	0%	94 - 101%	103 - 108%	2 - 4%
Hierro Total	mg/L	0,001	17/07/2016	<0.001	0 - 7%	101 - 104%	101 - 103%	0 - 2%
Lantano Total	mg/L	0,0005	17/07/2016	<0.0005	0 - 1%	92 - 99%	92 - 101%	6 - 11%
Litio Total	mg/L	0,0009	17/07/2016	<0.0009	0 - 8%	92 - 101%	101 - 102%	0 - 2%
Lutecio Total	mg/L	0,00002	17/07/2016	<0.00002	0%	99 - 101%	98%	1 - 7%
Magnesio Total	mg/L	0,001	17/07/2016	<0.001	0 - 8%	100 - 103%	98 - 101%	0%
Manganeso Total	mg/L	0,0006	17/07/2016	<0.0006	0 - 8%	100 - 103%	98 - 105%	0 - 1%
Mercurio Total	mg/L	0,00003	17/07/2016	<0.00003	0 - 7%	96 - 98%	109%	0 - 8%
Molibdeno Total	mg/L	0,00014	17/07/2016	<0.00014	1 - 5%	102 - 105%	100 - 104%	0%
Niobio Total	mg/L	0,0005	17/07/2016	<0.0005	0%	101 - 102%	96 - 100%	0%
Níquel Total	mg/L	0,0004	17/07/2016	<0.0004	0 - 8%	104 - 105%	98 - 103%	0 - 2%
Plata Total	mg/L	0,0002	17/07/2016	<0.0002	0 - 1%	99%	95 - 98%	5 - 7%
Plomo Total	mg/L	0,0003	17/07/2016	<0.0003	0 - 8%	104 - 106%	95 - 100%	2 - 3%
Potasio Total	mg/L	0,2	17/07/2016	<0.2	1 - 7%	NA - 101%	NA - 105%	NA - 2%
Rubidio Total	mg/L	0,0003	17/07/2016	<0.0003	0 - 8%	101%	104 - 105%	0 - 3%
Selenio Total	mg/L	0,002	17/07/2016	<0.002	0 - 6%	93 - 106%	98 - 99%	0%
Silice Total	mg/L	0,09	17/07/2016	<0.09	1 - 8%	NA - 93%	NA - 107%	NA - 1%
Silicio Total	mg/L	0,04	17/07/2016	<0.04	1 - 8%	NA - 93%	NA - 107%	NA - 1%
Sodio Total	mg/L	0,02	17/07/2016	<0.02	0 - 8%	100 - 104%	98 - 106%	1 - 2%
Talio Total	mg/L	0,00003	17/07/2016	<0.00003	0 - 7%	99 - 104%	95 - 102%	1 - 11%
Tantalio Total	mg/L	0,0007	17/07/2016	<0.0007	0%	97 - 100%	97 - 100%	0 - 3%
Teluro Total	mg/L	0,001	17/07/2016	<0.001	0%	101 - 104%	97 - 98%	2 - 4%
Thorio Total	mg/L	0,00006	17/07/2016	<0.00006	0 - 4%	101 - 102%	102 - 103%	0 - 2%
Titanio Total	mg/L	0,01	17/07/2016	<0.01	0 - 8%	NA - 108%	NA - 101%	NA - 2%
Uranio Total	mg/L	0,00004	17/07/2016	<0.00004	0 - 1%	99 - 102%	97 - 100%	5 - 10%
Vanadio Total	mg/L	0,002	17/07/2016	<0.002	0 - 6%	101 - 103%	95 - 99%	0 - 3%
Wolframio Total	mg/L	0,0002	17/07/2016	<0.0002	0 - 6%	101 - 105%	101%	3 - 4%
Yterbio Total	mg/L	0,00002	17/07/2016	<0.00002	0 - 3%	101 - 103%	100 - 102%	1 - 9%
Zinc Total	mg/L	0,0008	17/07/2016	<0.0008	0 - 8%	98 - 103%	91 - 99%	0 - 2%
Zirconio Total	mg/L	0,00015	17/07/2016	<0.00015	0%	101%	101 - 103%	2 - 5%
Nitrato	mg/L	0,031	17/07/2016	<0.031	0%	98 - 103%	94 - 98%	0 - 1%
Sulfato	mg/L	0,01	17/07/2016	<0.01	0%	99 - 100%	99 - 104%	0%

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2320B	Callao	Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B: 2012; 22nd Ed. - Alkalinity Titration Method
EW_APHA2340C	Callao	Dureza Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C: 2012; 22nd Ed. - Hardness: EDTA Titrimetric Method.
EW_APHA2510B	Callao	Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B: 2012; 22nd Ed. - Conductivity: Laboratory Method
EW_APHA2540B	Callao	Sólidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-B: 2012; 22nd Ed. - Solids :Total Solids Dried at 103-105°C
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8: 1994 Rev 5.4 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.
EW_EPA300_0	Callao	Aniones	EPA 300.0:1993; Rev. 2.1.- Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas. Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados. (*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA para la matriz en mención. (**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad. Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley. SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por INACAL - DA conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se encuentra en www.inacal.gob.pe. Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx> Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

ANEXO 2 – Tabela 2

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE G.

AV. MIRAFLORES NRO. SN CERCADO (CIUDAD UNIVERSITARIA)TACNA - TACNA - TACNA

ENV / LB-342445-002

PROCEDENCIA : **Candarave**

Fecha de Recepción SGS : 10-11-2016 16:50

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
G-1
G-2
G-3
G-4
G-5
G-6
G-7
G-8
G-9
G-10
G-11
G-12
G-13
G-14
G-15
G-16
G-17
G-18
G-19
G-20

Emitido por SGS del Perú S.A.C. Impreso el 18/11/2016

Ada Ena Paredes Escobar C.B.P.6769
Jefe de Laboratorio-Sede Arequipa



IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				G-1 8108742 N 379436 E 08/11/2016 06:46 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-2 8108745 N 979435 E 08/11/2016 06:57 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-3 8107831 N 378789 E 08/11/2016 07:26 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-4 8107654 N 378575 E 08/11/2016 07:44 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO ₃ /L	0,6	88,6	99,8	188,2	77,9
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO ₃ /L	0,5	96,2	124,7	145,5	115,0
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.970,00	7.020,00	4.440,00	6.480,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.920	3.950	1.930	3.480
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	85,80	85,12	91,41	112,68
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,128	0,030	<0.001	0,040
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	1,4169	1,4276	0,7437	1,2190
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	12,1338	12,0930	7,3290	11,0154
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0209	0,0263	0,0487	0,0388
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00047	0,00052	0,00031	0,00033
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	59,01	61,26	35,57	57,85
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	37,260	46,998	49,421	43,817
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	3,0101	3,0056	1,6083	2,6880
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,1846	1,4352	1,1811	1,2590
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00215	0,00141	0,00052	0,00149
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0316	0,0325	0,0181	0,0305
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	0,00170	0,00107	0,00017	0,00062
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,023	<0.001	0,046	0,003
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	8,2425	8,9223	5,5001	8,4801
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,285	0,371	4,275	0,710
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,0540	0,1414	0,6112	0,1707
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00270	0,00164	0,00081	0,00141
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,06133	0,06397	0,04687	0,06793
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	0,0006	<0.0004
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	85,6	86,4	50,1	69,2
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,5208	1,4932	0,6493	1,0876
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	392,34 *	391,81 *	298,65 *	370,29 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	183,39	183,14	139,60	173,08
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.426,07	1.510,39	856,95	1.364,19
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00514	0,00508	0,00071	0,00292
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	0,00131	0,00107	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,003	0,003	<0.002	0,004
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1631	0,1758	0,1032	0,1709
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0055	0,0030	0,0016	0,0132
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	0,00187	0,00107	0,00026	0,00052

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				G-5 8107648 N 378592 E 08/11/2016 07:48 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-6 8107754 N 378517 E 08/11/2016 08:07 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-7 8107748 N 378505 E 08/11/2016 05:17 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-8 8107727 N 378495 E 08/11/2016 08:23 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO3/L	0,6	47,7	132,9	134,7	88,7
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0,5	112,5	103,7	100,8	93,2
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.040,00	4.240,00	4.360,00	5.290,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.250	1.960	2.680	3.040
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	107,50	71,86	74,54	91,76
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,076	0,293	0,071	0,063
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	1,3393	0,7013	0,7094	0,9853
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	10,5016	7,2896	7,2012	8,8590
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0483	0,0858	0,0833	0,0366
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00020	0,00052	0,00029	0,00016
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	63,04	38,29	36,69	46,59
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	43,343	37,692	36,979	36,002
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	0,00041	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	2,6546	1,7431	1,7613	2,2174
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	<0.00007	0,00012	<0.00007	<0.00007
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	0,001	0,003	0,004
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,1320	1,0260	1,0251	1,0684
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00212	0,00122	0,00061	0,00117
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0312	0,0183	0,0188	0,0242
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	0,00011	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,016	0,427	0,020	0,009
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	8,1021	6,0247	5,9972	7,3493
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,391	1,492	1,393	0,567
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,0788	0,7486	0,7505	0,1579
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00182	0,00352	0,00058	0,00107
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,07227	0,04415	0,04356	0,05408
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0,0011
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	67,1	42,8	43,3	63,0
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9675	0,6375	0,6446	0,9011
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	352.85 *	276.87 *	272.15 *	313.81 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	164,93	129,41	127,21	146,68
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.451,08	941,96	923,28	1.097,83
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00109	0,00098	0,00095	0,00207
Tantalo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,01	0,02	<0.01	0,01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,003	0,005	0,002	0,005
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,2377	0,0707	0,0651	0,1354
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0048	0,0036	0,0027	0,0061
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	0,00026	0,00022	<0.00015	0,00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				G-9 8107554 N 378431 E 08/11/2016 08:46 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-10 8107559 N 378416 E 08/11/2016 08:53 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-11 8107595 N 378592 E 08/11/2016 09:12 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-12 8107626 N 378586 E 08/11/2016 09:22 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO ₃ /L	0,6	108,0	111,0	124,0	49,5
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO ₃ /L	0,5	100,1	107,9	132,9	114,4
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	4.440,00	4.600,00	5.520,00	6.040,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	2.460	2.490	3.380	3.470
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	78,80	81,31	95,88	104,88
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,052	0,093	0,062	0,089
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,7309	0,7714	1,0297	1,3993
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	6,9090	7,3741	8,8636	9,9052
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0309	0,0442	0,0966	0,0525
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00022	0,00022	0,00029	0,00016
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	39,37	42,81	50,73	56,84
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	37,135	40,122	45,571	44,405
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	1,7157	1,7798	2,4434	2,7722
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	0,001	<0.001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,003	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9479	0,9900	1,1195	1,0827
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00075	0,00087	0,00041	0,00158
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0209	0,0200	0,0271	0,0297
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	0,019	0,423	0,015
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	5,7646	6,5321	7,8551	8,3011
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	1,513	1,475	3,104	0,306
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,1692	0,2022	0,3758	0,0638
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00075	0,00107	0,00093	0,00154
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,04819	0,04869	0,05403	0,06533
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	49,3	53,0	60,7	68,8
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,6869	0,6729	0,7893	0,9029
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	285.71 *	292.41 *	308.55 *	321.53 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	133,54	136,68	144,22	150,29
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	876,96	941,90	1.166,67	1.272,35
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00115	0,00123	0,00140	0,00107
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	<0.01	<0.01	0,01	0,01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,019	0,015	<0.002	0,002
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1020	0,1076	0,1317	0,2058
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0048	0,0042	0,0023	0,0161
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				G-13 8107139 N 378255 E 08/11/2016 09:35 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-14 8107145 N 378253 E 08/11/2016 09:38 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-15 8107196 N 378262 E 08/11/2016 09:44 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-16 8107176 N 378316 E 08/11/2016 09:50 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO3/L	0,6	33,3	48,1	73,0	99,0
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0,5	117,5	128,8	125,1	128,2
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.400,00	6.850,00	6.350,00	5.270,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.680	4.020	3.800	3.070
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	0.852 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	120,17	120,12	109,49	89,96
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,062	0,099	0,082	0,041
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	1,5463	1,5630	1,3104	0,8284
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	11,7540	11,6660	10,7461	8,0407
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0656	0,0407	0,0331	0,1226
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00015	0,00016	0,00016	0,00012
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	55,56	63,23	57,02	46,87
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	43,859	50,050	48,636	44,586
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	3,0534	3,4085	2,9649	2,4962
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	0,001	0,003	0,001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,1226	1,2900	1,2792	0,8483
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	0,00273	0,00190	0,00072
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0307	0,0323	0,0276	0,0235
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,022	0,007	0,008	0,061
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	8,9999	10,3667	9,6162	7,6997
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	1,112	0,243	0,438	3,623
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,1164	0,0329	0,0529	0,3141
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00196	0,00135	0,00121	0,00092
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,07299	0,07235	0,06500	0,05929
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	70,1	76,4	63,3	56,6
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9346	1,0084	0,8127	0,6826
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	366.38 *	409.43 *	321.77 *	284.95 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	171,26	191,38	150,40	133,19
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.378,97	1.629,92	1.348,65	1.066,10
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00254	0,00257	0,00170	0,00114
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	<0.01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,020	0,028	0,016	0,024
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1856	0,2001	0,1641	0,1327
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0131	0,0014	0,0106	0,0011
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA				G-17 8107179 N 378245 E 08/11/2016 09:57 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-18 8107150 N 378187 E 08/11/2016 10:07 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-19 8107032 N 378078 E 08/11/2016 10:18 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL	G-20 8107023 N 378083 E 08/11/2016 10:23 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA TERMAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos							
Bicarbonatos	EW_APHA2320B	mg HCO3/L	0,6	99,8	58,2	71,4	52,2
Dureza Total	EW_APHA2340C	mgCaCO3/L	0,5	156,6	130,5	147,9	140,7
Conductividad	EW_APHA2510B	µS/cm	--	6.550,00	6.790,00	6.750,00	6.860,00
Sólidos Totales	EW_APHA2540B	mg/L	1	3.940	4.280	4.100	4.110
Análisis de Aniones							
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0,031	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)	<0.031 (**)
Sulfato	EW_EPA300_0	mg/L	0,01	115,08	121,96	121,03	123,18
Metales Totales							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,101	0,081	0,050	0,099
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	1,3355	1,5937	1,3753	1,6180
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	11,6380	11,5661	10,5559	11,7108
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	0,0307	0,0307	0,0337	0,0235
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00031	0,00023	0,00019	0,00023
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	68,45	67,60	61,22	64,90
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,003	57,671	48,831	54,994	53,601
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0001	3,1069	3,4185	3,3165	3,4619
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	1,4323	1,3020	1,2551	1,2718
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Galio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	0,00176	0,00139	0,00107	0,00178
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,0297	0,0304	0,0284	0,0299
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	0,004	0,008	0,042	<0.001
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0009	10,7790	10,5139	9,9807	10,8064
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	1,033	0,406	1,381	0,744
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0006	0,2270	0,0428	0,0934	0,0600
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00098	0,00142	0,00138	0,00136
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00014	0,07245	0,07194	0,06556	0,07045
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,2	73,1	81,4	72,0	80,1
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0003	0,9467	0,9926	0,8896	0,9658
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,09	385.11 *	401.74 *	332.24 *	365.25 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,04	180,01	187,78	155,29	170,72
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,02	1.476,29	1.484,29	1.433,00	1.538,27
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00003	0,00232	0,00287	0,00206	0,00258
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,002	0,010	0,014	0,015	0,017
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0002	0,1693	0,1899	0,1675	0,1869
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,0008	0,0039	0,0098	<0.0008	0,0025
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0,00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015

CONTROL DE CALIDAD

LD: Limite de detección
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Bicarbonatos	mg HCO3/L	0,6	10/11/2016	<0.6	0%	101 - 102%		
Dureza Total	mgCaCO3/L	0,5	10/11/2016	<0.5		100 - 101%		
Conductividad	µS/cm	--	10/11/2016		0%	100%		
Sólidos Totales	mg/L	1	10/11/2016	<1	0 - 1%	101 - 102%		
Aluminio Total	mg/L	0,001	10/11/2016	<0.001	0 - 8%	NA - 103%	NA - 99%	NA - 0%
Antimonio Total	mg/L	0,0001	10/11/2016	<0.0001	0 - 8%	101 - 103%	92 - 94%	0 - 1%
Arsénico Total	mg/L	0,0003	10/11/2016	<0.0003	0 - 7%	91 - 108%	101%	0%
Bario Total	mg/L	0,0001	10/11/2016	<0.0001	1 - 8%	95 - 101%	92 - 99%	0%
Berilio Total	mg/L	0,00004	10/11/2016	<0.00004	0 - 8%	100%	97 - 104%	0 - 1%
Bismuto Total	mg/L	0,00001	10/11/2016	<0.00001	0%	99 - 105%	98 - 100%	0 - 2%
Boro Total	mg/L	0,01	10/11/2016	<0.01	0%	100 - 106%	93 - 98%	0%
Cadmio Total	mg/L	0,0002	10/11/2016	<0.0002	0%	91 - 103%	101 - 104%	0 - 1%
Calcio Total	mg/L	0,003	10/11/2016	<0.003	0 - 7%	103 - 104%	98 - 99%	0 - 1%
Cerio Total	mg/L	0,00008	10/11/2016	<0.00008	0 - 1%	97 - 101%	102%	0 - 2%
Cesio Total	mg/L	0,0001	10/11/2016	<0.0001	0 - 8%	99 - 102%	91 - 101%	0%
Cobalto Total	mg/L	0,00007	10/11/2016	<0.00007	0 - 8%	104 - 105%	100 - 101%	0 - 1%
Cobre Total	mg/L	0,001	10/11/2016	<0.001	0 - 5%	103%	97 - 98%	0%
Cromo Total	mg/L	0,002	10/11/2016	<0.002	0%	103%	96 - 106%	0%
Estaño Total	mg/L	0,0010	10/11/2016	<0.0010	0%	101 - 109%	98 - 105%	0%
Estroncio Total	mg/L	0,0003	10/11/2016	<0.0003	0 - 7%	98 - 109%	101 - 102%	0%
Fósforo Total	mg/L	0,2	10/11/2016	<0.2	0%	NA - 99%	NA - 96%	NA - 0%
Galio Total	mg/L	0,00004	10/11/2016	<0.00004	0 - 8%	95 - 102%	94 - 102%	0 - 3%
Germanio Total	mg/L	0,0002	10/11/2016	<0.0002	0 - 8%	92 - 93%	95 - 97%	0%
Hafnio Total	mg/L	0,00005	10/11/2016	<0.00005	0 - 6%	96 - 101%	103 - 104%	0%
Hierro Total	mg/L	0,001	10/11/2016	<0.001	0 - 8%	104 - 109%	97 - 100%	0%
Lantano Total	mg/L	0,0005	10/11/2016	<0.0005	0%	99 - 102%	101 - 104%	0 - 1%
Litio Total	mg/L	0,0009	10/11/2016	<0.0009	0 - 8%	102 - 103%	95%	1%
Lutecio Total	mg/L	0,00002	10/11/2016	<0.00002	0%	93 - 97%	99 - 103%	0 - 1%
Magnesio Total	mg/L	0,001	10/11/2016	<0.001	0 - 8%	103 - 107%	97 - 98%	0%
Manganeso Total	mg/L	0,0006	10/11/2016	<0.0006	0 - 7%	103 - 105%	98%	0%
Mercurio Total	mg/L	0,00003	10/11/2016	<0.00003	0 - 7%	100 - 103%	95%	0 - 1%
Molibdeno Total	mg/L	0,00014	10/11/2016	<0.00014	0 - 7%	102 - 109%	94 - 100%	0 - 1%
Niobio Total	mg/L	0,0005	10/11/2016	<0.0005	0%	101 - 102%	97 - 102%	0 - 2%
Niquel Total	mg/L	0,0004	10/11/2016	<0.0004	0 - 8%	99 - 105%	100%	0 - 2%
Plata Total	mg/L	0,0002	10/11/2016	<0.0002	0%	101%	100 - 102%	0 - 1%
Plomo Total	mg/L	0,0003	10/11/2016	<0.0003	0%	104 - 107%	100 - 101%	0%
Potasio Total	mg/L	0,2	10/11/2016	<0.2	0 - 7%	NA - 101%	NA - 100%	NA - 0%
Rubidio Total	mg/L	0,0003	10/11/2016	<0.0003	1 - 7%	95 - 104%	98 - 104%	0 - 1%
Selenio Total	mg/L	0,002	10/11/2016	<0.002	0%	100 - 101%	98 - 103%	0%
Silice Total	mg/L	0,09	10/11/2016	<0.09	0 - 8%	NA - 104%	NA - 98%	NA - 0%
Silicio Total	mg/L	0,04	10/11/2016	<0.04	0 - 8%	NA - 104%	NA - 98%	NA - 0%
Sodio Total	mg/L	0,02	10/11/2016	<0.02	0 - 8%	99 - 104%	97 - 99%	0%
Talio Total	mg/L	0,00003	10/11/2016	<0.00003	0 - 7%	100 - 101%	100%	0%
Tantalio Total	mg/L	0,0007	10/11/2016	<0.0007	0%	91 - 101%	98 - 102%	0 - 1%
Teluro Total	mg/L	0,001	10/11/2016	<0.001	0%	101%	100 - 103%	0 - 1%
Thorio Total	mg/L	0,00006	10/11/2016	<0.00006	0 - 7%	101 - 103%	102 - 103%	0 - 2%
Titanio Total	mg/L	0,01	10/11/2016	<0.01	0 - 8%	NA - 94%	NA - 100%	NA - 0%
Uranio Total	mg/L	0,00004	10/11/2016	<0.00004	0%	99 - 101%	100 - 102%	0 - 1%
Vanadio Total	mg/L	0,002	10/11/2016	<0.002	0 - 7%	103 - 108%	95 - 96%	0 - 1%
Wolframio Total	mg/L	0,0002	10/11/2016	<0.0002	0 - 8%	99 - 103%	97 - 106%	0 - 1%
Yterbio Total	mg/L	0,00002	10/11/2016	<0.00002	0%	101%	100 - 103%	0 - 1%
Zinc Total	mg/L	0,0008	10/11/2016	<0.0008	0 - 8%	101 - 109%	92 - 98%	0%
Zirconio Total	mg/L	0,00015	10/11/2016	<0.00015	0 - 6%	101%	102 - 103%	0 - 2%
Nitrato	mg/L	0,031	10/11/2016	<0.031	0%	99 - 101%	102%	0 - 1%
Sulfato	mg/L	0,01	10/11/2016	<0.01	0 - 1%	98 - 101%	98 - 103%	0 - 1%

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2320B	Callao	Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B: 2012; 22nd Ed. - Alkalinity Titration Method
EW_APHA2340C	Callao	Dureza Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C: 2012; 22nd Ed. - Hardness: EDTA Titrimetric Method.
EW_APHA2510B	Callao	Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B: 2012; 22nd Ed. - Conductivity: Laboratory Method
EW_APHA2540B	Callao	Sólidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-B: 2012; 22nd Ed. - Solids :Total Solids Dried at 103-105°C
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8: 1994 Rev 5.4 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.
EW_EPA300_0	Callao	Aniones	EPA 300.0:1993; Rev. 2.1.- Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados. (*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA , para la matriz en mención.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por INACAL - DA conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se encuentra en www.inacal.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx> Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.