



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de  
Investigación – RENATI. Resolución del Consejo Directivo de  
SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: **YAURI HUAROC EUDES**

Código de alumno: **2014.0225.6.AI**

Correo electrónico: [eyaurih@yahoo.com](mailto:eyaurih@yahoo.com)

Teléfono: **997597445**

DNI O Extranjería: **21250024**

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título Profesional:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE ARSÉNICO DISUELTO EN AGUAS GEOTERMALES  
DE MONTERREY HUARAZ, ANCASH - EFECTOS EN LA SALUD DE LAS PERSONAS  
USUARIAS Y AMBIENTALES POR VERTIMIENTO EN EL RIO SANTA**

**5. Facultad de:** .....

**6. Escuela, Carrera o Programa: Doctorado en Ingeniería Ambiental**

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: **LOARTE RUBINA MAXIMILIANO**

Teléfono: **952647082**

Correo electrónico: [maxloarte@hotmail.com](mailto:maxloarte@hotmail.com)

DNI o Extranjería: **32295136**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: .....

D.N.I.:

FECHA:



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

---

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE ARSÉNICO  
DISUELTO EN AGUAS GEOTERMALES DE MONTERREY  
HUARAZ, ANCASH - EFECTOS EN LA SALUD DE LAS  
PERSONAS USUARIAS Y AMBIENTALES POR  
VERTIMIENTO EN EL RIO SANTA**

Tesis para optar el grado de Doctor  
en Ingeniería Ambiental

**EUDES YAURI HUAROC**

Asesor: **Dr. MAXIMILIANO LOARTE RUBINA**

Huaraz - Ancash - Perú  
2019

Nº. Registro: TE0053

## MIEMBROS DEL JURADO

*Doctor* Cesar Manuel Gregorio Davila Paredes

Presidente

---

*Doctor* Jacinto Isidro Giraldo

Secretario

---

*Doctor* Maximiliano Loarte Rubina

Vocal

---

**ASESOR**

*Doctor* Maximiliano Loarte Rubina

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, por impartir conocimientos acordes a nuestra realidad y la aplicación de tecnologías limpias para mejorar la problemática ambiental actual de nuestro planeta en nuestra formación académica.
- A los profesores, quienes nos hicieron partícipes de nuestra realidad ambiental y el cuidado del Medio Ambiente con el uso de energía renovable.
- Al Dr. Maximiliano Loarte Rubina, asesor de esta tesis, por su respaldo y corrección permanente para culminar con éxito este estudio.
- A mi esposa e hijo quienes me brindaron el soporte emocional para la culminación de este estudio.

A mi hijo Yamil JeanEudes Yauri Valenzuela,  
quien me hace ver con optimismo el cambio en la concepción del cuidado del  
medio ambiente y la preservación de nuestro planeta para el futuro de las  
generaciones.

A mi esposa Eresvita Valenzuela García,  
con amor y cariño.

## INDICE

	<b>Página</b>
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Variables.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua emitidos por la legislación peruana.....	40
2.2.2. Estándares referenciales de Calidad de Agua (ECA).....	43
2.3 Definición de Términos.....	48
III. METODOLOGÍA.....	52
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	52
3.2 Plan de recolección de la información y/o diseño estadístico.....	53
3.3 Instrumento (s) de recolección de información.....	53
3.4 Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información.....	55
IV. RESULTADOS.....	56
V. DISCUSIÓN.....	88
VI. CONCLUSIONES.....	96
VII. RECOMENDACIONES.....	98
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS	

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA	Autoridad Nacional del Agua.
As	Arsénico
D.S.	Decreto supremo.
ECAS	Estándar de Calidad Ambiental.
LMP	Límite Máximo Permisible.
MINAM	Ministerio del Ambiente
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PAVER	Protección del agua, vigilancia y control de vertimiento.
RRHH	Recursos hídricos.
SGA	Sistema de gestión del agua.
USEPA	Agencia de Protección Ambiental Estadounidense.



## LISTA DE TABLAS

<b>Número</b>	<b>Página</b>
01: Estándar nacional de calidad ambiental para agua DS 002-2008 MINAM	42
02: Límites máximos permisibles para calidad de agua de uso doméstico	43
03: Parámetros y valores consolidados, categoría 1-A DS-015-MINAM	45
04: Parámetros y valores consolidados, categoría 1-B DS 015-2015-MINAM	47
05: Informe de ensayos No 093924-2015. SAG	57
06: Informe de ensayos No 130920-2019. SAG	58
07: Informe de ensayos No 131117-2019. SAG	59
08: Promedio de ensayos de arsénico	60
09: Comparación de resultados de análisis del As con estándares de agua	61
10: Comparación de resultado de análisis de elementos traza con alto contenido con estándares de agua	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Número</b>	<b>Página</b>
1: Contenido de As en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP .....	61
2: Contenido de B en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP .....	63
3: Contenido de Ba en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP .....	64
4: Contenido de Fe en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP.....	65
5: Contenido de Mn en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP .....	66
6: Contenido de Na en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP .....	67
7: Contenido de P en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP.....	68
8: Evolución de As en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP.....	86
9: Evolución de B en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP .....	88
10: Evolución de Ba en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP.....	89
11: Evolución de Fe en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP.....	90
12: Evolución de Mn en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP....	91
13: Evolución de Na en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP ....	92
14: Evolución de P en muestras de agua respecto a los estándares ECA-LMP.....	93

## **LISTA DE ANEXOS**

### **Número.**

- 1: Panel fotográfico de muestreo en los baños geotermales de Monterrey.
- 2: Figuras de cáncer de piel causada por la ingestión prolongada de agua con arsénico (Bangladesh)
- 3: Ubicación de la fuente termal Monterey Huaraz, ubicación de fuentes termo minerales en el departamento de Ancash
- 4: Fotografía de emergencia del agua termo mineral en Monterrey.
- 5: Tabla de características de tipos de aguas
- 6: Tabla de clasificación de las aguas termales
- 7: Tabla de caracterización de las aguas termo minerales.
- 8: Tabla de principales fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas.
- 9: Tabla de propiedades físicos químicos de fuentes en el Callejón de Huaylas.
- 10: Tabla de constituyentes metálicos de fuente termo mineral Monterrey.
- 11: Tabla de constituyentes no metálicos de fuente termo mineral Monterrey.
- 12: Tabla de gases libres de fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas.
- 13: Tabla de clasificación de la fuente termo mineral de Monterrey.
- 14: Tabla de Estándares referenciales para calidad de agua subterránea, CWQG-PAW, estándares Canadienses.
- 15: Tabla de estándares para calidad de agua superficial continental.
- 16: Resultado del análisis de metales totales (Método, EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Versión. Determination of Metales and trace Elements in Wáter and

Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994.  
del laboratorio SAG. Lima.

17: Matriz de consistencia.

## RESUMEN

El propósito fundamental de esta tesis es la evaluación de la presencia de arsénico disuelto en las aguas geotermales de Monterrey Huaraz, sus efectos en la salud de las personas usuarias y los efectos ambientales por vertimiento directo en el Rio Santa.

El estudio es descriptivo correlacional con la investigación aplicada y la evaluación química de las aguas geotermales de Monterrey, muestreo y análisis del contenido del elemento contaminante arsénico y otros como el Pb, Cd, Sb, Zn, Cu, Hg (metales pesados). Bo, Ba, Fe, Mn, Na, P; como elementos traza contaminantes. Esto nos permite evaluar y correlacionar los resultados con los estándares referenciales de calidad de agua ECA requerida por la legislación peruana para este uso. D.S. 015-2015-MINAM y lo establecido como el límite de contenido de arsénico en el agua de consumo por la OMS.

Del resultado del análisis químico de tres muestras ensayadas, se realizó un cuadro comparativo con los estándares referenciales de calidad de agua ECA, observando un bajo contenido de arsénico y altos contenidos de elementos traza Bo, Ba, Fe, Mn, Na, P.

Se evaluó los efectos negativos en la salud y el medio ambiente de cada uno de estos elementos planteando alternativa de tratamiento antes del ingreso al sistema de uso recreacional con la finalidad de preservar la salud de las personas usuarias de estas aguas y los efectos negativos al medio ambiente por el vertimiento directo en el rio Santa.

**Palabras claves:** Agua geotermal, arsénico, contaminante, calidad de agua.

## ABSTRACT

The main purpose of this thesis is the evaluation of the presence of arsenic dissolved in the geothermal waters of Monterrey Huaraz, its effects on the health of users and environmental effects by direct dumping in Santa Rio.

The study is descriptive correlational with applied research and chemical evaluation of the geothermal waters of Monterrey, sampling and analysis of the content of arsenic and other contaminant such as Pb, Cd, Sb, Zn, Cu, Hg (heavy metals). Bo, Ba, Fe, Mn, Na, P; as trace elements pollutants. This allows us to evaluate and correlate the results with the reference water quality standards required by ECA Peruvian law for this use. D.S. 015-2015-MINAM and established as the limit of arsenic in drinking water by OMS.

The results of chemical analysis of three samples tested, a comparative table was made with reference water quality standards ECA, observing a low arsenic content and high content of trace elements Bo, Ba, Fe, Mn, Na, P.

the negative health effects were evaluated and the environment of each of these elements considering alternative treatment before entering the system recreational use in order to preserve the health of users of these waters and the negative effects to the environment by direct dumping at the Santa river.

**Key words:** Geothermal water, arsenic, contaminant, quality water.

## I. INTRODUCCIÓN

Los baños de aguas termales de Monterrey están ubicados en la ciudad de Huaraz, Región Ancash, de los resultados de análisis se deduce que estas aguas no son aptas para la alimentación y agricultura; esta fuente fue seleccionada en función de su caudal de afloración, propiedades físicas, contenidos de metales, no metales y gases libres para su explotación como fuente medicinal y turística.

Hasta hace pocos años el arsénico no estaba entre los constituyentes que son analizados rutinariamente en las aguas de consumo y recreación, por lo que la información sobre su distribución no es tan bien conocida. La OMS, la Unión Europea (Directiva 98/83), la Agencia de Protección Ambiental estadounidense (USEPA), establecen el límite de contenido de arsénico en agua de consumo de 10 µg/l (OMS, 1993).

El estándar de calidad de agua (ECA) DS 015 – 2015 – MINAM, Categoría B1 Recreacional considera 0.010 mg/L., de arsénico para el uso de estas aguas, modifica los parámetros y valores de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua, aprobados por D.S. 002-2008-MINAM.

El arsénico se encuentra en los ambientes naturales en sus estados de oxidación juntamente con otros elementos metálicos (Pb, Hg, Cd, Cr y Sb), es un elemento extremadamente tóxico para el organismo humano, no solo en concentraciones altas, donde la exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales, también por la ingestión de agua durante un largo período a bajas concentraciones relativas de arsénico tiene efectos negativos crónicos para la salud, es conocido por su acción carcinógena y efectos importantes sobre la piel.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**Identificación del Problema.-** Los diferentes estudios realizados a las aguas geotermales de Monterrey se enfocan al uso terapéutico o medicinal de una gran cantidad de personas, locales o turistas, quienes estarían expuestos por contacto directo si se determina la presencia de arsénico en contenido mayor a 10 ug/L, umbral mínimo requerido por la OMS. No hay evaluaciones ni análisis del arsénico y otros elementos contaminantes traza para determinar la cantidad que puedan estar deteriorando la salud de los usuarios de este servicio de recreación e impactando el medio ambiente por el vertimiento directo en el Rio Santa.

En la actualidad se tiene amplio conocimiento de métodos por el cual se analizan la presencia, distribución, origen del As en muestras de agua y se hace necesario realizar evaluaciones en el contenido de arsénico y otros elementos contaminantes a nivel de trazas en las aguas geotermales de Monterrey.

**Formulación del Problema.-** ¿La presencia del arsénico y otros elementos contaminantes disueltos en las aguas geotermales de Monterrey tendrían efectos negativos en la salud de las personas usuarias y en el medio ambiente por el vertimiento directo en el rio Santa?

### **1.1 Objetivos General**

#### **Objetivo General**

La evaluación de la presencia de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey, Huaraz, Ancash.



### **Objetivos Específicos:**

- Evaluar los efectos del arsénico y otros elementos contaminantes traza disueltos en las aguas geotermales de Monterrey en la salud de las personas usuarias de los baños geotermales de Monterrey.
- Evaluar los efectos ambientales por el vertimiento directo de las aguas de Monterrey en el río Santa con contenido de arsénico y otros elementos traza.
- Reorientar estudios a implementar un tratamiento físico químico antes de ingresar el agua al sistema de piscinas de los baños geotermales de Monterrey para preservar la salud de las personas.
- Reorientar estudios a implementar un tratamiento físico químico antes de ingresar el agua al sistema de piscinas de los baños geotermales de Monterrey para evitar impactos negativos al medio ambiente.

### **1.2 Hipótesis**

Los baños de aguas geotermales de Monterrey tendrían el As en cantidad menor de los estándares de calidad exigido por la legislación peruana.

### **1.3 Variables**

#### **1.3.1 Identificación de la variable**

Variables independientes (X): Arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey – Huaraz.

Variables dependientes (Y): Evaluación de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey Huaraz.

### Definición operacional de las variables

<b>VARIABLES</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>
Independiente (x) Arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey	Presencia del elemento tóxico en las aguas.	Muestreo  Análisis de muestras  Evaluación de resultados de análisis	Cantidad de arsénico disuelto en aguas.
Dependiente (y) Evaluación de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey	Es un proceso de investigación orientado a determinar la cantidad de arsénico disuelto en las aguas geotermales de Monterrey.	Evaluación de las aguas de Monterrey  Evaluación del vertimiento en el río Santa.	Resultados del proceso de evaluación.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

El uso de las aguas minero medicinales se conocía desde las épocas pre-inca e incaica. Los pobladores conocían de sus bondades medicinales, por ello, los incas construían tambos en lugares próximos a las fuentes termales, las que aprovechaban en sus viajes como un tratamiento termal con fines medicinales e higiénicos. Como evidencias tenemos los famosos Baños del Inca en Cajamarca, el baño de Tambo Machay y el baño del inca en la ciudadela de Macchu Picchu en Cusco, entre otros.

Los baños de aguas geotermales de Monterrey fue seleccionada como una fuente medicinal y turística en función de su caudal de afloración, propiedades físicas, contenidos de metales, no metales y gases libres (Zapata, 1973).

Las propiedades físicas consideradas en los estudios fueron color, olor, sabor, depósitos, densidad, temperatura, pH, conductividad, sólidos totales y disueltos, turbidez, alcalinidad, dureza, potencial redox y caudal. Los metales determinados fueron litio, sodio, potasio, plata, magnesio, calcio, cinc, cadmio, manganeso, cobre, plomo, cobalto, hierro, aluminio. Los aniones determinados fueron fluoruro, cloruro, bromuro, yoduro, bicarbonato, nitrato, carbonato, sulfato y fosfato; los no metales al estado molecular fueron silicio como sílice y el boro como ácido metabórico, y como gases libres el dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. De los resultados se deduce que estas aguas no son aptas para la alimentación y agricultura, son aguas medicinales, por tanto se tomaron estrategias para incentivar el turismo de salud termal en el Callejón de Huaylas (Yupanqui Torres, 2006).

Hasta hace pocos años el arsénico no estaba entre los constituyentes que son analizados rutinariamente en las aguas de consumo, por lo que la información sobre su distribución no es tan bien conocida como para otros constituyentes. El arsénico es un elemento extremadamente tóxico para el organismo humano por bioacumulación, no sólo en concentraciones altas, donde la exposición a este contaminante causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales, también por la exposición durante un largo periodo a bajas concentraciones relativas de arsénico (por ingestión de agua con el elemento disuelto), tiene efectos negativos crónicos para la salud constituyendo una gran amenaza para la salud, se desarrollan diversos tipos de cáncer, patologías cardiovasculares, diabetes, anemia y alteraciones en las funciones reproductoras, inmunológicas, neurológicas y del desarrollo. Por eso, el arsénico en las aguas superficiales (ríos, lagos, embalses) y subterráneas (acuíferos) susceptibles de ser utilizadas para consumo, constituye una gran amenaza para la salud. Es así que organismos mundiales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea (Directiva 98/83) o la Agencia de Protección Ambiental estadounidense (USEPA) establecen la reducción del límite del contenido de arsénico en agua de consumo de 50 a 10 µg/l (OMS, 1993).

### **Agua Minero Medicinales en el mundo**

Las aguas minero medicinales se remontan a la formación de la Tierra. Se tiene conocimiento del uso medicinal de estas aguas por los antiguos pueblos europeos como los celtas, íberos, germanos y galos. Los griegos y romanos fueron los que utilizaron las fuentes termales con mayor arraigo, destacándose Hipócrates y Galeno, este último determinó los principios básicos de la crenoterapia.

La hidrología médica alcanza un enorme prestigio en los siglos XVIII y XIX, donde

se desarrollaron técnicas hidroterápicas que se siguen utilizando en la actualidad, destacan los investigadores Wright, Priessnitz, Winternitz y el Párroco Sebastián Kneipp. Este último aplicó extensamente la hidroterapia y llegó a crear un verdadero método de cura. La evolución de la hidrología médica ha sido paralela a la medicina en general. En la actualidad se estudia no sólo el origen y composición de las aguas minero medicinales, sino también sus acciones sobre órganos y funciones en tejidos aislados, en organismos sanos y enfermos, tratándose de determinar lo más exactamente posible sus indicaciones, contraindicaciones y mecanismos de acción.

### **Agua Minero Medicinales en el Perú**

En 1796 el sabio alemán Teodoro Haenke realizó los primeros estudios sobre las termas de Yura, Jesús y Socosani en el Departamento de Arequipa. En 1827 Rivero de Ustariz determinó los usos de estas aguas con fines curativos. En 1882 el sabio italiano Antonio Raymondi, publicó estudios sobre las aguas minerales del Perú, para cuyo fin recorrió casi todo el territorio nacional. Entre los años de 1900 a 1943 es destacable los trabajos en estas aguas de los doctores Edmundo Escomel, Ramón Cárcamo y Luis Angel Maldonado. En 1950 el gobierno contrató los servicios del Dr. Ladislao J. Prazak, médico crenólogo y estudió el problema del termalismo en el Perú.

En los años de 1971 a 1973 el Ing. Rómulo Zapata Valle publica dos obras tituladas Aguas Minerales del Perú, primera y segunda parte, en donde se encuentran los resultados de los análisis de las aguas minerales del país, clasificándolas en 24 grupos en función a sus iones predominantes.

En otro estudio se hace un breve análisis de la situación crenológica del país y un inventario de los recursos minero medicinales en su publicación Panorama Hidrotermal del Perú (Loayza, 1975).

En 1994 se realizó el Congreso Internacional de Termalismo y Climatismo-FITEC 94, en dicho evento se concluye que el termalismo en el país no se explota ordenada y científicamente (FITEC, 1994).

### **Uso de fuentes con potencial geotérmico en el Perú**

En los estudios realizados del potencial geotérmico, con el fin de generar electricidad o suministrar agua caliente. En la zona Norte y Centro del Perú las fuentes termales muestran temperaturas de reservorio inferiores a las del Sur, por lo que sus posibilidades de utilización son para el desarrollo balneario turístico, y sólo algunas podrían ser utilizadas para el suministro de agua caliente para calefacción (Juica, 2012).

### **Propiedades principales del agua**

El agua pura es incolora, inodora, insípida y transparente, es la sustancia más abundante y ampliamente distribuida sobre la superficie de la Tierra. Tiene peculiares características, por ejemplo, al solidificarse aumenta su volumen, alcanza densidad máxima a 4 °C, su calor específico es mínimo a 35 °C, su calor de vaporización y conductividad calórica es elevada; estos factores intervienen en la regulación térmica de los seres vivos.

El carácter dipolar de la molécula de agua permite asociaciones de moléculas entre sí mediante enlaces de hidrógeno, unión a otras moléculas polares (hidratación), acción ionizante y la posibilidad de inducir dipolos en moléculas no polares, el

agua en presencia de ciertas sales se hidroliza, su mineralización depende de la naturaleza del terreno que recorre. La eficacia terapéutica de un agua mineral está relacionada con su peculiar estructura, sus propiedades físicas y componentes mineralizantes.

### **Química de las aguas termo minerales**

La evaluación química es la base para la clasificación de las aguas termo minerales llamadas minero medicinales, reconociendo a los iones predominantes en su composición que tienen un marcado valor terapéutico.

Las características vigentes de las aguas minero medicinales, se fijaron en el Congreso Internacional de Crenología Médica en Nauheim, Alemania (1912): “Agua minero medicinal corresponde a las aguas que contienen más de 1 g de materias fijas disueltas en 1000 g de agua, además del contenido de gas carbónico y de ciertas materias raras, estas aguas deben tener una temperatura permanentemente mayor que el promedio anual de la temperatura del lugar de la fuente”.

Estas aguas medicinales se dividen en dos grupos:

Aguas medicinales mineralizadas, contienen 1 g o más de materias fijas disueltas por litro.

Aguas medicinales oligomineralizadas o aguas medicinales mineralizadas simples, que contienen menos de 1 g de materias fijas disueltas y que se distinguen por su contenido de componentes raros farmacodinámicamente eficaces o por su temperatura elevada.

La tendencia actual de clasificación de estas aguas, consiste en considerar sólo a los componentes mayoritarios, expresados en porcentajes de miliequivalentes iónicos mayores a un 20 %, lo cual es más apropiado y puede proporcionar datos de gran valor para deducir consecuencias farmacodinámicas y terapéuticas.

Desde el punto de vista crenológico es importante clasificar las aguas medicinales en función de su presión osmótica. Esta determinación se realiza en comparación con la de una solución fisiológica (plasma sanguíneo), que es isotónica y contiene en 1000 g de agua 9,5 g de NaCl. Teniendo en cuenta la ionización total de esta sal y que la suma de milimoles de sus iones es 325 milimoles, podemos usar este valor como límite entre las aguas hipotónicas e hipertónicas:

Hipotónicas menor a 320 milimoles de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$

Isotónicas de 320 a 330 milimoles de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$

Hipertónicas mayor a 330 milimoles de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$

Entonces, para saber si un agua es hipotónica, isotónica o hipertónica, se deben sumar las milimoles de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ .

### **Hidrogeoquímica**

Se incluye dentro de las aguas termales a aquéllas que poseen temperaturas mayores a 20° C, y las aguas minerales a aquéllas que contienen más de 1000 mg/l de iones en solución. Para la clasificación química se ha tomado en cuenta la presencia de todos los iones contenidos mayores a 20%, en el orden aniones-cationes, de manera decreciente, el posible origen de las aguas termales se postula en base a sus contenidos de elementos traza (Li, Cs, Rb, Sr, Ba) así como de ratios



de  $\text{HCO}_3/(\text{Cl}+\text{SO}_4)$ ,  $(\text{Ca}+\text{Mg})/(\text{Na}+\text{K})$ ,  $\text{Cl}/\text{Li}$  y  $\text{Na}/\text{Li}$  , los cuales permiten la comparación entre las aguas y conclusiones respecto a la composición de sus acuíferos (Steinmuller, 1999).

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **Origen de las aguas**

La cantidad estimada de agua en sus diferentes formas que existen en la Tierra, se distribuye en 96,5 % en los océanos, 1,7 % en los hielos polares, 1,7 % en depósitos subterráneos y 0,1 % en los sistemas de agua superficial y en la atmósfera. Al evaporarse el agua y luego precipitarse en forma de lluvia, nieve o granizo, un 79 % cae sobre el mar u otros sectores acuáticos estableciendo un ciclo sencillo y un 21 % cae sobre tierra firme. De esta precipitación terrestre, la evaporación inmediata o en la fase de transporte consume un 61 % de la precipitación, luego la escorrentía hasta un curso fluvial que la lleve a un lago o al mar consume un 37 % y un 2% penetra al interior de la Tierra hasta encontrar una zona compacta o un estrato impermeable acumulándose en las partes más bajas constituyendo los depósitos subterráneos.

Cuando los depósitos se cortan espontánea o artificialmente, permiten la salida del agua al exterior, constituyendo los manantiales o fuentes. A esto se denomina ciclo directo del agua y estas se llaman aguas freáticas. Otras aguas penetran más profundamente en la tierra a través de fisuras, constituyendo las aguas artesianas.

Las aguas filonianas resultan del ciclo indirecto del agua, aquí el agua oceánica o de los grandes lagos, se infiltra bajo presión en la tierra a profundidades considerables, se calienta por la alta temperatura de la tierra, (en Sudamérica el

grado geotérmico de la Tierra es de 1° centígrado cada 33 metros de profundidad), luego se mezcla eventualmente con los gases sulfhídrico y dióxido de carbono y asciende por las grietas a la superficie. Estas aguas mayormente se mineralizan en su recorrido bajo la superficie del suelo y son generalmente de temperaturas elevadas.

Todas estas aguas se denominan vadosas, mientras que las aguas juveniles o vírgenes son de origen volcánico por nacer en los núcleos volcánicos de la tierra. Estas aguas son parecidas a las filonianas, surgen por fallas o grietas hacia la superficie de la tierra y constituyen las aguas termales e hipertermales.

### **Ubicación de fuentes termo minerales en el Callejón de Huaylas**

La ubicación de la fuente termal Monterrey Huaraz, las fuentes termominerales en el Callejón de Huaylas, se muestran en el **anexo 3, fotografía satelital google maps 4, figura 2**. La presentación de estas fuentes es en orden ascendente de altitud y de norte a sur dentro del Callejón de Huaylas.

La temperatura promedio del agua en el punto de emergencia es de 47 °C., la emergencia del agua caliente de la fuente termal Monterrey se encuentra protegido por un cerco perimetral para evitar el acceso directo de las personas y evitar riesgos de quemaduras. Anexo 4, fotografía 5.

### **Tipos de aguas y características**

Se considera las aguas naturales, termales, minerales, minerales gaseosas, minero medicinal, termo minerales. Ver anexo 5, tabla 8, Características de diversos tipos de aguas.

### **Clasificación de las aguas termo minerales**

En base a sus diferentes características y aplicaciones, la clasificación de estas aguas se muestran en el anexo 6, tabla 9, clasificación y características de las aguas termales.

### **Caracterización de las aguas termo minerales**

Se consideran sus propiedades físicas y de agregación, metálicos, inorgánicos no metálicos, compuestos no disociados, gases libres con los parámetros evaluados; se muestran en el anexo 7, tabla 10, caracterización de las aguas termo minerales.

### **Principales fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas**

En el Callejón de Huaylas se han ubicado las fuentes termo minerales de El Pato, La Merced, Chancos y Monterrey, podemos observar su ubicación, los datos geográficos, datos climáticos en el anexo 8, tabla 11.

### **Propiedades físico químicos de las fuentes en el Callejón de Huaylas**

Las propiedades de las fuentes termo minerales de El Pato, La Merced, Chancos y Monterrey, podemos observar su color, olor, sabor, dolor de sedimentos, densidad, temperatura, pH, conductividad iónica, sólidos totales, turbidez, potencial redox, etc., en el anexo 9, tabla 12.

### **Constituyentes metálicos de fuente termo mineral Monterrey**

Se consideró la presencia de los siguientes elementos metálicos; Li, Na, K, Ag, Mg, Ca, Zn, Cd, Mn, Cu, Pb, Co, Fe, Al, lo observamos en el anexo 10, tabla 13.

### **Constituyentes no metálicos de fuente termo mineral Monterrey**

Se consideró la presencia de los siguientes elementos no metálicos; F-, Cl-, Br-, I-

, C-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, C-CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Si-SiO<sub>2</sub>, B-HBO<sub>2</sub>, lo observamos en el anexo 11, tabla 14.

### **Gases libres de las fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas**

Se consideró la presencia de los gases CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, lo observamos en el anexo 12, tabla 15.

### **Clasificación de la fuente termo mineral de Monterrey**

La fuente termo mineral de Monterrey se clasificó como una fuente termal, clorurada – sódica, agua mineralizada débil, hipotónica; lo observamos en el anexo 13, tabla 16 (Yupanqui, 2006).

## **ENFOQUE DE GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS**

El agua es un recurso natural finito, estratégico y vulnerable, esencial para sostener la vida; base para el desarrollo económico, es insustituible para la sostenibilidad ambiental del Perú, actualmente es un recurso “conflicto” ya sea por uso o contaminación.

El enfoque general de la problemática del recurso hídrico es por mayor presión sobre la cantidad y la calidad del agua, contaminación del agua, conflictos sociales por el agua, escasa cultura del agua, incumplimiento de la Ley.

El enfoque de la ley de recursos hídricos, Ley 29338 es el aprovechamiento y la gestión del agua que se inspira en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles: nacionales, regionales y locales, que involucra los aspectos sociales, económicos y ambientales (Gestión integrada de recursos hídricos).

La contaminación del agua por la acumulación indeseable de sustancias, organismos y cualquier forma de energía en un sistema hídrico es la acumulación de diversos elementos y sustancias aportados por vertimiento de aguas residuales crudas o insuficientemente tratadas que superan la capacidad de asimilación y/o autodepuración del cuerpo receptor generando concentraciones en el cuerpo de agua que exceden el estándar de calidad normado en la zona sometida a regulación.

**Las causas de la contaminación del agua son:** Causas no estructurales (Sistema educativo y los modelos mentales, incumplimiento de la normativa ambiental del país), Causas estructurales (Contaminación por vertimientos urbanos, mineros, industriales, agrícolas)

**Causas no estructurales:** Son las menos entendidas, las menos gestionadas y las más difíciles de abordar.

**El sistema educativo y los modelos mentales:** Determinan la forma de pensar y actuar de la sociedad, en el contexto de la naturaleza. Es el que determina los modelos mentales de la sociedad en general.

**Incumplimiento de la normatividad ambiental del país:** Abundancia de leyes, pero nadie las cumple, esto quiere decir que la Ley no resuelve la problemática de la contaminación del agua.

**Causas estructurales de la contaminación del agua:** Son los más simples de abordar, ya que está referido a todos los aspectos técnicos referidos con la contaminación del agua.

**Contaminación por vertimientos urbanos:** Es generalizada y la más preocupante en todo el país, el 61% de la población del Perú cuenta con sistemas de desagüe, la producción de aguas residuales es del orden de 960,5 MMC/año (30 m<sup>3</sup>/s), sólo el 20,62% son tratadas (198 MMC/AÑO), 761 MMC/año son vertidos directamente a ríos, lagos y zonas marino costeras.

Con respecto a la gestión de la contaminación del agua, la gente piensa que es un problema que debe ser resuelto por el gobierno central y por las municipalidades.

**Contaminación por vertimientos mineros:** La contaminación causada por la actividad minera es más peligrosa tanto para la salud de la población como para los ecosistemas acuáticos, porque la contaminación minera aporta metales pesados y otras sustancias tóxicas, entre ellos: Hierro, Cobre, Zinc, Mercurio, Plomo, Arsénico, Cianuro, etc.

Otros factores que afectan la calidad del agua son los sólidos suspendidos.

**Contaminación por vertimientos agrícolas:** Este tipo de contaminación puede ser considerada una causa importante de contaminación de los ríos, lagos y de zonas marino costeras. El uso indiscriminado de abonos sintéticos (661 152 TM/año), el uso de plaguicidas (no cuantificado), que generan el escurrimiento o drenaje superficial o subterráneo y conducen a la contaminación del agua superficial o subterránea.

**Contaminación industrial:** los camales, mataderos, centros de beneficios de carnes, la industria de la leche y alimentos en general, la industria del papel, industria pesquera.

**Efectos de la contaminación del agua:** Efectos directos sobre la salud de la población, pobreza, deterioro y/o pérdida de la calidad del agua, mayores costos para el tratamiento de agua potable, restricción de uso de aguas para consumo y riego, desarrollo insostenible, deterioro de los ecosistemas acuáticos, pérdida de flora y fauna acuática.

### **La contaminación y la cultura moderna del agua en el Perú**

No sólo las consecuencias ambientales en general, sino los problemas relacionados con la contaminación del agua, son el resultado de la cultura moderna.

Entendemos por cultura del agua al conjunto de modos de vida, creados, aprendidos y transmitidos de generación a generación. En este contexto el sistema educativo del país enseña en los colegios, sólo los conocimientos básicos del agua, no existe un enfoque analítico de la problemática del agua. En las universidades, el tema de agua sólo es abordado por las carreras especializadas.

Si no se logra desarrollar la cultura del agua en todos los niveles de la sociedad; entonces será imposible plantear una gestión integral que promueva el uso sostenible del recurso agua.

La contaminación del agua y del medio ambiente en general, no son solo temas técnicos, políticos, legales, económicos, sino también ETICOS y CULTURALES.

**Problemática ambiental de la calidad de agua:** La problemáticas se da por las altas concentraciones de carga contaminante en el agua, el universo de fuentes vertedoras, la existencia de pasivos mineros, la falta de regulación ambiental, los vertimientos ilegales, la presencia de residuos sólidos en las riberas de los ríos, el

incumplimiento de regulación ambiental, las actividades informales en la cuenca, la descarga de aguas residuales sin tratamiento, la contaminación del agua, el deterioro de la calidad de vida de la población, la afectación a la salud poblacional, conflicto social por uso de agua, la generación de focos de contaminación, el incremento de descargas sin tratamiento, el desorden en el ordenamiento del territorio, la alteración del paisaje, la modificación del cauce del río, no se cuenta con el universo de las descargas, efluentes abandonados sin tratamiento, desorden en las competencias y autoridad, evasión en el pago de retribución, mínima vigilancia de la calidad de agua, falta de autoridad para control de descarga y escaso presupuesto en la gestión y vigilancia (Salazar, 2010).

## **INSTRUMENTOS LEGALES DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y CONTROL DE VERTIMIENTOS**

### **LEY 29338, LEY DE RECURSOS HÍDRICOS**

Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos. Creación del Sistema nacional de gestión de RRHH liderada por la autoridad nacional del agua (ANA). Clasificación de los cuerpos de agua en función a sus características naturales y los usos a los que se destinan (Salazar, 2010).

Uso de RRHH, distingue 3 tipos de uso, primario, poblacional y productivo; se otorgan derechos de uso de agua a través de una licencia, permiso o autorización de uso. Previo al otorgamiento de una licencia de uso de agua, la autoridad sectorial competente autorizará la actividad a la cual se destinará el uso del agua.

Los vertimientos de aguas residuales, las aguas residuales deben ser sometidas a tratamiento que permita el cumplimiento del LMP. La ANA cuenta con



procedimientos para la obtención, renovación y modificación de autorizaciones de vertimiento y reuso de aguas residuales tratadas (Salazar, 2010).

### **Artículo 1.- El agua**

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

### **Artículo 5.- El agua comprendida en la Ley**

El agua cuya regulación es materia de la presente Ley comprende lo siguiente:

La de los ríos y sus afluentes, desde su origen natural;

La que discurre por cauces artificiales;

La acumulada en forma natural o artificial;

La que se encuentra en las ensenadas y esteros;

La que se encuentra en los humedales y manglares;

La que se encuentra en los manantiales;

La de los nevados y glaciares;

La residual;

La subterránea;

La de origen minero medicinal;

La geotermal;

La atmosférica; y

La proveniente de la desalación.

## **CAPÍTULO II**

### **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad de agua sobre la base de los Estándares de Calidad de Agua (ECAs para agua). Verifica calidad de los cuerpos de agua y volúmenes de vertimiento.

#### **Artículo 14.- La Autoridad Nacional como ente rector**

La Autoridad Nacional es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Es responsable del funcionamiento de dicho sistema en el marco de lo establecido en la Ley.

## **TÍTULO III**

### **USOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

#### **Artículo 34.- Condiciones generales para el uso de los recursos hídricos**

El uso de los recursos hídricos se encuentra condicionado a su disponibilidad, debe realizarse en forma eficiente y con respeto a los derechos de terceros, de acuerdo con lo establecido en la Ley, promoviendo que se mantengan o mejoren las características físico-químicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional.

#### **Artículo 35.- Clases de usos de agua y orden de prioridad**

La Ley reconoce las siguientes clases de uso de agua:

Uso primario.

Uso poblacional.

Uso productivo.

La prioridad para el otorgamiento y el ejercicio de los usos anteriormente señalados sigue el orden en que han sido enunciados.

**Artículo 36.- Uso primario del agua**

El uso primario consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

**Artículo 39.- Uso poblacional del agua**

El uso poblacional consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

**Artículo 42.- Uso productivo del agua**

El uso productivo del agua consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

**Artículo 43.- Tipos de uso productivo del agua**

Son tipos de uso productivo los siguientes:

Agrario: pecuario y agrícola;

Acuícola y pesquero;

Energético;

Industrial;

Medicinal;

Minero;

Recreativo;

Turístico; y

Transporte.

Se podrá otorgar agua para usos no previstos, respetando las disposiciones de la presente Ley.

## **TÍTULO V**

### **PROTECCIÓN DEL AGUA**

#### **Artículo 73.- Clasificación de los cuerpos de agua**

Los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.

#### **Artículo 74.- Faja marginal**

En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.

#### **Artículo 75.- Protección del agua**

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás

normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios.

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.

#### **Artículo 76.- Vigilancia y fiscalización del agua**

La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.

### **Artículo 77.- Agotamiento de la fuente**

Una fuente de agua puede ser declarada agotada por la Autoridad Nacional, previo estudio técnico. A partir de dicha declaración no se puede otorgar derechos de uso de agua adicionales, salvo extinción de alguno de los derechos de uso previamente existentes (Salazar, 2010).

### **Artículo 78.- Zonas de veda y zonas de protección**

La Autoridad Nacional puede declarar zonas de veda y zonas de protección del agua para proteger o restaurar el ecosistema y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como los bienes asociados al agua.

En estos casos se puede limitar o suspender de manera temporal los derechos de uso de agua. Cuando el riesgo invocado para la declaratoria señalada afecte la salud de la población, se debe contar con la opinión sustentada y favorable de la Autoridad de Salud.

### **Artículo 79.- Vertimiento de agua residual**

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados

científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas.

Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

#### **Artículo 80.- Autorización de vertimiento**

Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.

Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

**D.S. 001-2010-AG, REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS  
HÍDRICOS (24.03.2010)**

**Art. 123.- Acciones para la prevención y el control de la contaminación de los  
cuerpos de agua.**

La ANA ejerce de manera exclusiva acciones de control, supervisión, fiscalización y sanción para asegurar la calidad del agua.

La ANA ejerce acciones de vigilancia y monitoreo del estado de la calidad de los cuerpos de agua y control de vertimientos, ejerciendo la potestad sancionadora exclusiva por incumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones de vertimientos o por aquellos vertimientos no autorizados.

**Art. 135.- Prohibición de efectuar vertimientos sin previa autorización**

Ningún vertimiento de aguas residuales podrá ser efectuado en las aguas marítimas o continentales del país, sin autorización de la ANA.

En ningún caso se podrá efectuar vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento en infraestructura de regadío, sistemas de drenaje pluvial ni en los lechos de quebrada seca.

**Art.136.- Medición y control de vertimientos**

Es responsabilidad del administrado instalar sistemas de medición de caudales de agua residual tratada y reportar los resultados de la medición.



## **CAPITULO VI**

### **VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS**

#### **Art. 145.- Control de vertimientos autorizados**

El control de vertimientos que ejecute la Autoridad Administrativa del Agua incluye visitas inopinadas a los titulares de las autorizaciones de vertimientos, a fin de cautelar la protección de la calidad del agua y verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización.

## **TITULO XII**

### **DE LAS INFRACCIONES**

#### **Art. 274.- Ejercicio de la potestad sancionadora**

La Autoridad Nacional del Agua ejercerá la facultad sancionadora ANTE CUALQUIER INFRACCION a las disposiciones contenidas en la Ley o al Reglamento por parte de las personas naturales o jurídicas públicas o privadas sean o no usuarias de agua. Protección de la calidad del agua y verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización.

### **Ley 28611, LEY GENERAL DEL AMBIENTE**

**Art. 31.1.-** Estándar de calidad ambiental ECA, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

**Art. 32.1.-** Límite máximo permisible-LMP, Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar

danos a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y las instituciones que forman el SGA.

#### **D.S. 002 – 2008 – MINAM**

Reglamentación de los ECAs para el agua, reemplaza a la Ley general de aguas 1969, distingue cuatro categorías, poblacional, actividades marino costeras, riesgo de vegetales, bebida de animales y conservación del medio acuáticos. Incluye parámetros como, fisicoquímicos (pH, conductividad, OD, etc.), Inorgánicos (As, Cd, CN-, Cu, Hg, etc.), orgánicos (aceites y grasas, fenoles, etc.), microbiológicos y plaguicidas.

#### **D.S. 015-2015-MINAM**

**Artículo 1.-** Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

**Artículo 2.-** ECA para Agua y políticas públicas. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

**Artículo 3.-** ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente.

**D.S. 031 – 2010 – SA.**

**Reglamento de la calidad de agua para consumo humano**

## **TITULO II**

### **GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**Art. 07.-** La gestión de la calidad de agua se desarrolla a través de las siguientes acciones:

Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano

Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua para consumo humano

Control y supervisión de calidad de agua para consumo humano

Fiscalización sanitaria del abastecimiento del agua para consumo humano

Autorización, registros y aprobaciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano.

Promoción y educación en la calidad y el uso del agua para consumo humano

**Ley 29325. Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA)**

**Art. 10.- Tribunal de fiscalización Ambiental**

10.1. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) cuenta con un Tribunal de Fiscalización Ambiental (TFA) que ejerce funciones como última instancia administrativa. Lo resuelto por el TFA es de obligatorio cumplimiento y constituye precedente vinculante en materia ambiental, siempre que esta circunstancia se señale en la misma resolución, en cuyo caso debe ser publicada de acuerdo a ley (Salazar, 2010).

**ARSÉNICO DE ORIGEN NATURAL EN LAS AGUAS**

El arsénico en las aguas superficiales (ríos, lagos, embalses) y subterráneas (acuíferos) susceptibles de ser utilizadas para consumo, constituye una gran amenaza para la salud. Esto ha llevado a organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea (Directiva 98/83) o la Agencia de Protección Ambiental estadounidense (USEPA) a establecer la reducción del límite del contenido de arsénico en agua de consumo de 50 a 10 µg/l (p.e. OMS, 1993).

**Criterios para el establecimiento de umbrales de tolerancia de arsénico en aguas de bebida.**

Los organismos vivos están expuestos a especies tóxicas de arsénico provenientes de alimentos y aguas. La exposición a arsénico puede causar problemas en la salud de las personas como problemas respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales y efectos carcinogénicos. Esto es de relevancia absoluta a punto tal que la OMS ha fijado como límite máximo para aguas de consumo humano una concentración de 10 µg/l.

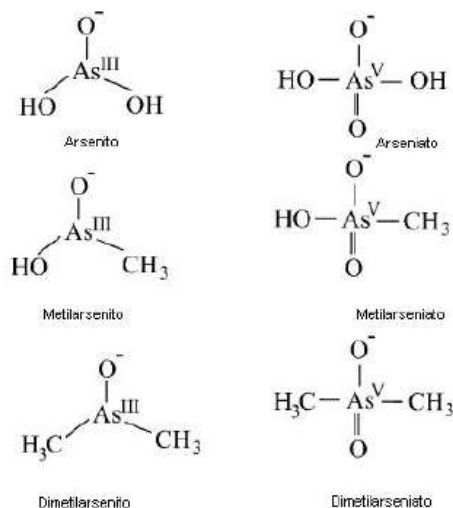
En cada país surgen consideraciones acerca de los procedimientos para establecer los límites de tolerancia del arsénico y otros iones o compuestos en las aguas destinadas a consumo humano, avalados por estudios de base científica acerca de la tolerancia real a la ingesta de agua con contenidos de arsénico. (Tello, 1981).

El cambio del valor límite de arsénico en aguas de bebida humana en la provincia de Buenos Aires, Argentina, desde 0.10 mg/l a 0.05 mg/l, ha dejado a gran parte del territorio con aguas subterráneas fuera de aptitud para provisión pública, involucrando a casi 900,000 habitantes servidos. Mario A. Hernández, Cátedra de Hidrogeología UNLP, Hidroar SA.

El arsénico juntamente con el Pb, Hg, Cd, Cr y Sb son los elementos metálicos que tanto por sus efectos tóxicos como por la presencia de distintas especies en alguno de ellos, lo hace un grupo muy peculiar. Particularmente es conocido el efecto tóxico del As y en especial su acción carcinógena y efectos importantes sobre la piel. (Mandal y Suzuki, 2002).

El As se encuentra en los ambientes naturales en cuatro estados de oxidación As (V), As (III), As (0), As (-III). Asimismo, las especies formadas según el estado de oxidación son varias y pueden ser de origen inorgánico u orgánico (Gasquez, 2005).

Figura 1. Especies de arsénico encontradas en el agua



Fuente. Peligros geoquímicos. Arsénico de origen natural en las aguas. Grupo de estudios de minería y medio ambiente GEMM

### Problemática ambiental del arsénico.

El arsénico (As) presente en aguas destinadas a consumo humano es una problemática mundial (Nicolli et al. 1985, Smedley et al. 2005). Es un elemento natural, presente en la corteza terrestre, también por contaminación antrópica debido a actividades como la minería o el uso de plaguicidas, etc.

En muchos casos la concentración de arsénico en las aguas destinadas a consumo exceden los límites establecidos. Las mayores concentraciones se encuentran en las aguas subterráneas (Smedley y Kinninurgh, 2002), apareciendo en acuíferos en condiciones oxidantes y de pH alto, acuíferos en condiciones reductoras, acuíferos con circulación geotermal, acuíferos afectados por procesos ligados a la actividad minera o relacionados con depósitos minerales, y acuíferos ligados a otros procesos antropogénicos con afección de carácter local (actividad industrial, asentamientos urbanos, actividad agropecuaria, etc.). Sin embargo, la mayor parte de los acuíferos

con contenidos altos de arsénico tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales que afectan a grandes áreas.

Los numerosos casos de “contaminación” natural de aguas subterráneas por arsénico que existen en el mundo están relacionados con ambientes geológicos muy diferentes, meta sedimentos con filones mineralizados, formaciones volcánicas, formaciones volcano - sedimentarias, distritos mineros, sistemas hidrotermales actuales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias. (Boyle et al, 1998; BGS y DPHE, 2001; Smedley y Kinniburgh, 2002).

#### **Presencia de As en aguas naturales:**

Disuelta (oxianiones),  $\text{As}^{3+}$  y  $\text{As}^{5+}$ , menos frecuente  $\text{As}^{(0)}$ ,  $\text{As}^{1-}$  y  $\text{As}^{2-}$ .

#### **$\text{As}^{5+}$ aparece como $\text{H}_3\text{AsO}_4$**

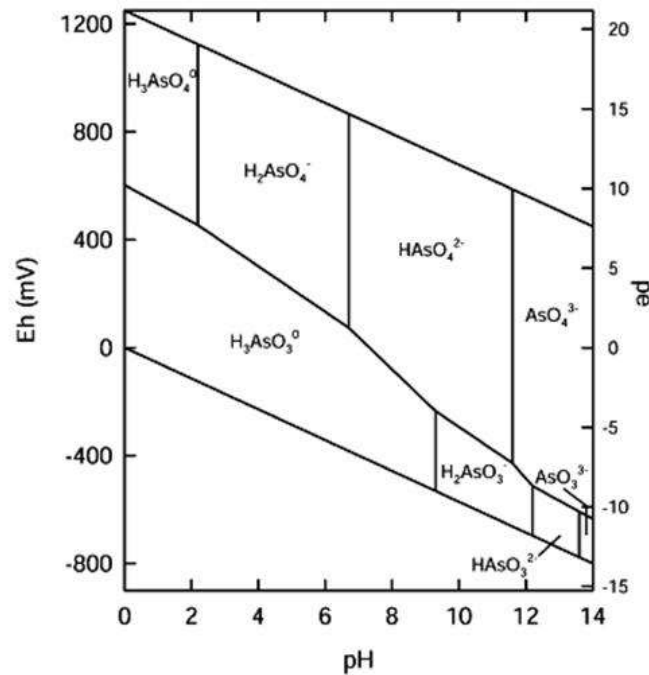
Productos de disociación ( $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$  y  $\text{AsO}_4^{3-}$ ).

#### **$\text{As}^{3+}$ aparece como $\text{H}_3\text{AsO}_3$**

Productos de disociación ( $\text{H}_4\text{AsO}_3^+$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_3^-$ ,  $\text{HAsO}_3^{2-}$  y  $\text{AsO}_3^{3-}$ ).

El  $\text{As}^{5+}$  como  $\text{As}^{3+}$  son móviles en el medio, es precisamente **el  $\text{As}^{3+}$  el estado más lábil y biotóxico.**

Fig. 2. Eh-pH diagram for aqueous As species in the system As-O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O at 25°C and 1 bar total pressure.



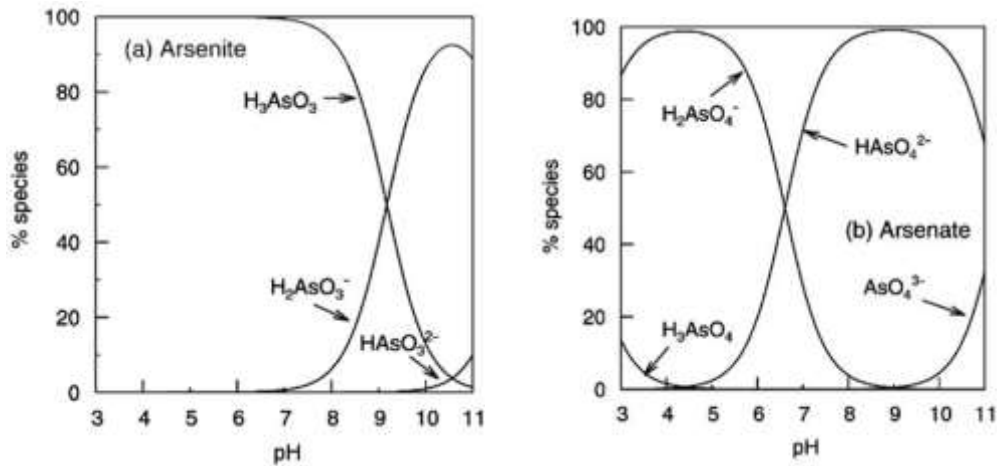
Fuente: Tomado de P.L. Smedley, D.G. Kinniburgh 2001.

Otros factores, como la concentración de determinados elementos, también controlan la especiación de arsénico y por tanto su movilidad. Por ejemplo, en presencia de concentraciones altas de azufre, predominan las especies acuosas de azufre y arsénico. Si en ese caso se establecen condiciones reductoras y ácidas, precipitarán sulfuros de arsénico (oropimente,  $\text{As}_2\text{S}_3$ , y realgar,  $\text{AsS}$ ).

Las formas orgánicas de arsénico suelen aparecer en concentraciones menores que las especies inorgánicas, aunque pueden incrementar su proporción como resultado de reacciones de metilación catalizadas por actividad microbiana (bacteria, algas). Las formas orgánicas dominantes son el ácido dimetilarsínico (DMAA,  $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{OH})$ ) y el ácido monometilarsónico (MMAA,  $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$ ), donde el arsénico está presente en ambos casos como As(V). (Hasegawa, 1997).



Fig. 3. (a) Arsenite and (b) arsenate speciation as a function of pH (ionic strength of about 0.01 M). Redox conditions have been chosen such that the indicated oxidation state dominates the speciation in both cases.



Fuente: Tomado de P.L. Smedley, D.G. Kinniburgh 2001.

### Fenómeno de existencia de contenidos altos de As en aguas naturales:

El fenómeno de la existencia de contenidos altos de arsénico de origen natural en las aguas está controlado por tres factores:

La fuente primaria de arsénico (geosfera y atmósfera),

Los procesos de movilización / retención de arsénico en la interacción entre la fase sólida y la fase líquida,

El transporte de arsénico como especie acuosa en el seno del agua.

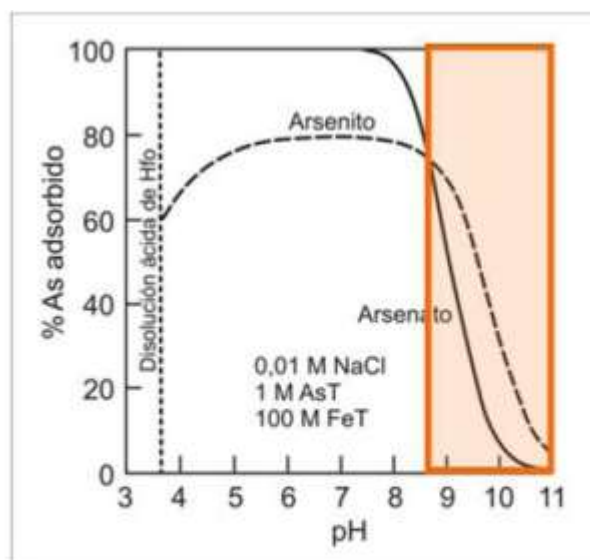
Respecto a la fuente primaria de arsénico (geósfera y atmósfera), una de las características comunes en la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de arsénico no asociados a procesos geotermales, ni a depósitos minerales, ni a un origen antropogénico, es que los materiales que forman el acuífero tienen contenidos en arsénico próximos a los valores considerados como contenido medio

de fondo (0,5-1,0 ppm en areniscas, 1,3 ppm en arcillas y pizarras, 1,0-1,5 ppm en carbonatos). En otras palabras, contenidos elevados de arsénico en las aguas subterráneas no se asocia, por lo general, a materiales con contenidos altos de arsénico (BGS y DPHE, 2001; Smedley y Kinniburgh, 2002).

Los dos procesos geoquímicos que controlan la movilización de arsénico al agua son: reacciones de adsorción-desorción, y reacciones de coprecipitación-codisolución.

Tanto arsenito como arsenato son adsorbidos en la superficie de una gran variedad de materiales presentes en el medio como son óxidos de hierro, manganeso y aluminio. También puede ser adsorbido por arcillas y materia orgánica.

Fig. 4. Curvas de adsorción de As (III) y As (V), en función del pH. b). El área sombreada representa el rango de pH para el cual se produce la máxima desorción de As.



Fuente: Tomado de P.L. Smedley, D.G. Kinniburgh 2001.

La desorción del arsénico adsorbido en la fase sólida está condicionada por los cambios en pH, la ocurrencia de reacciones redox (reducción/oxidación), la

presencia de iones competitivos, y los cambios en la estructura cristalina de la fase sólida.

Las reacciones de coprecipitación-codisolución, están controladas por el pH, temperatura, estado redox y concentración de especies acuosas de la solución.

Existen mecanismos de incorporación de arsénico de origen natural a las aguas:

Oxidación de sulfuros;

Disolución de óxidos e oxihidróxidos de Fe y Mn en condiciones ácidas;

Desorción en condiciones oxidantes a pH alto;

Desorción y disolución de óxidos y oxihidróxidos relacionados con cambios a condiciones reductoras;

Desorción por reducción de superficie específica en la fase sólida;

Desorción por reducción en la carga de superficie de la fase sólida.

El arsénico se halla en las aguas naturales como especie disuelta, la cual se presenta por lo común como oxianiones con arsénico en dos estados de oxidación, arsenito,  $\text{As}^{3+}$ , arsenato,  $\text{As}^{5+}$ . El estado de oxidación del arsénico, su movilidad, están controlados fundamentalmente por las condiciones redox (potencial redox, Eh) y el pH.

Los contenidos de arsénico en las aguas naturales, superficiales y subterráneas, no contaminadas, no suelen ser altos. Hay casos anómalos, sobre todo acuíferos, que

presentan valores excepcionales, como ocurre en el caso de Bangladesh (Kinniburgh, 2001).

**Presencia de As en aguas subterráneas no relacionadas con procesos geotermales, actividades mineras o depósitos minerales:**

**Caso Bangladesh y Bengala Oeste** (BGS y DPHE, 2001; Anawar et al., 2003).

Área afectada (km<sup>2</sup>): 150.000 (Bangladesh), 23.000 (Bengala Oeste)

Rango concentración As: <0,5 a 2,500 µg l<sup>-1</sup> (Bangladesh), 10-3,200 µg l<sup>-1</sup> (Bengala Oeste)

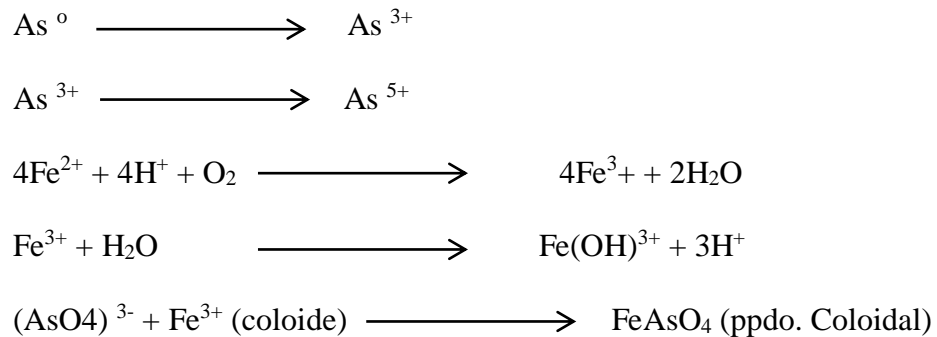
**Condiciones hidrogeológicas:** Los altos contenidos de arsénico se restringen generalmente al acuífero poco profundo Holoceno, con aguas jóvenes (2.000 años), de flujo lento (tiempo de residencia largo). El acuífero más profundo, formado por sedimentos de edad Plio-Pleistocena y aguas con un periodo de residencia mayor (2.000 a 12.000 años), presenta contenidos en arsénico bajas.

**Hidrogeoquímica / Geoquímica:** Condiciones fuertemente reductoras, de pH neutro a superior a 7, hay una correlación negativa de arsénico con SO<sup>4=</sup> y NO<sup>3-</sup>.

Los contenidos de arsénico presentan una acusada correlación con Carbono Orgánico Disuelto. En el caso de los sedimentos, los contenidos de arsénico se correlaciona bien con el contenido en Fe, Mn y Al en la fracción fina de los sedimentos, mientras que en la fracción más gruesa los contenidos de arsénico muestran una correlación buena con los contenidos de Carbono Orgánico.

**Origen del As:** El desarrollo de un ambiente reductor ligado al rápido enterramiento y la presencia de materia orgánica provocaron la desorción de

arsénico por oxidación microbiana de la materia orgánica, así como la desorción de arsénico contenido en óxidos de Fe por disolución reductiva de estas fases, así como por cambios en la estructura y propiedades de superficie de los óxidos. Inicialmente.



**Caso de Chile, Región de Antofagasta (Sancha y Castro, 2001).**

Área afectada (km<sup>2</sup>): 125.000

Rangos de concentración As: 100-1000 µg l<sup>-1</sup>.

**Tipo de acuífero/geología:** Acuífero formado por una secuencia volcano sedimentaria de edad Cuaternaria.

**Hidrogeoquímica:** Predominio de condiciones oxidantes, la mayor parte del arsénico en el agua se encuentra como As (V). Las concentraciones altas de arsénico aparecen en aguas con salinidad alta y contenidos altos en B.

**Origen del As:** Ligado al desarrollo de condiciones oxidantes en climas áridos. También hay contaminación derivada de plantas de cobre. Las aguas superficiales también presentan contenidos altos en arsénico.

**Caso de Argentina (Llanura Chaco-pampeana) (Sancha y Castro, 2001; Smedley et al., 2002).**

Área afectada (km<sup>2</sup>): 1x10<sup>6</sup>

Rangos de concentración As: <1-5.300  $\mu\text{g l}^{-1}$ .

**Tipo de acuífero/geología:** Acuífero formado por una secuencia sedimentaria con predominio de loess de edad cuaternaria con niveles de calcretas y depósitos volcánicos piroclásticos de composición riolítica-dacítica intercalados.

**Hidro geoquímica:** Predominio de condiciones oxidantes, la mayor parte del arsénico en el agua se encuentra como As 5+. El pH está, por lo general, entre 7 y 8,7. Las aguas presentan concentraciones bajas de Fe, y Mn. La salinidad es alta y la concentración de arsénico se correlaciona con los contenidos en F, V, HCO<sub>3</sub>, B, y Mo.

**Origen del As:** Ligado al desarrollo de condiciones oxidantes en climas áridos. El arsénico procede de la desorción de óxidos e hidróxidos de Fe y Mn en un medio de pH alto. Parte del arsénico en las aguas puede derivar de la disolución de vidrio volcánico (Lillo, 2008).

### **2.2.1. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua emitidos por la legislación peruana.**

**Agua superficial,** considerando que la calidad del agua superficial no sólo depende de las actividades de los baños termales de Monterrey sino también de los aportes existentes en la zona, es necesario verificar los valores de la Línea Base o los niveles de fondo que caracteriza el cuerpo de agua dentro del área de influencia de la actividad.

La calidad del cuerpo receptor en las áreas de influencia de los baños de Monterrey está determinado por los lineamientos de los estándares nacionales de calidad

ambiental para agua establecidos según D.S. 002 – 2008 – MINAM.

De acuerdo con los estándares nacionales de calidad de agua (ECA), es de aplicación la categoría 1, poblacional y recreacional; categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales, D.S. 015-2015-MINAM y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, DS 031, 2010 SA.

En caso exista calificación distinta otorgada a algún cuerpo de agua superficial de la zona, nos remitiremos directamente al D.S. 002 – 2008 – MINAM. Aquellos parámetros no definidos en los estándares nacionales, como son fosforo total, aluminio y hierro se adoptará como referencia estándares ambientales internacionales como la guía Canadiense de la Calidad del Agua para la protección de la Vida y Estándares de calidad para agua superficial de los países bajos que incluyen condiciones y usos de agua similares. Ver Anexo 15, tabla 18

**Tabla 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

**DS 002 – 2008 MINAM**

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008- MINAM					
Parámetro	Unidades	Categoría 1	Categoría 3		
		Poblacional y recreacional	Riego de Vegetales de Tallo Bajo	Riego de Vegetales de Tallo Alto	Bebida de animales
<b>Parámetros físico-químicos</b>					
Conductividad de Campo	uS/cm	1500	<2000	<2000	5000
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /L	500	-	-	-
Oxígeno Disuelto de Campo	mg/l	>=6	>=4	>=4	>=5
pH de Campo	pH units	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	-	-	-
<b>ANIONES</b>					
Bromuro, Br-	mg/L	250	-	-	-
Cloruro, Cl-	mg/L	250	700	700	-
Fluoruro, F-	mg/L	1	1	1	2
Sulfato, SO <sub>4</sub> 2-	mg/L	250	300	300	500
Sulfuros, H <sub>2</sub> S, HS-	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Nutrientes</b>					
Fosforos total	mg/L				
Amonia, NH <sub>3</sub>	mg/L	-	-	-	-
Nitrito, NO <sub>2</sub>	mg/L	1	0.06	0.06	1
Nitrato, NO <sub>3</sub>	mg/L	10	10	10	50
<b>Metales totales</b>					
Mercurio, Hg	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001
Plata, Ag	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05
Aluminio, Al	mg/L	0.2	5	5	5
Arsénico, As	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.1
Boro, B	mg/L	0.5	0.5-6	0.5-6	5
Bario, Ba	mg/L	0.7	0.7	0.7	-
Berilio, Be	mg/L	0.004	-	-	0.1
Calcio, Ca	mg/L	-	200	200	-
Cadmio, Cd	mg/L	0.003	0.005	0.005	0.01
Cobalto, Co	mg/L	-	0.05	0.05	1
Cobre, Cu	mg/L	2	0.2	0.2	0.5
Hierro, Fe	mg/L	0.3	1	1	1
Litio, Li	mg/L	-	2.5	2.5	2.5
Magnesio, Mg	mg/L	-	150	150	150
Manganeso, Mn	mg/L	0.1	0.2	0.2	0.2
Sodio, Na	mg/L	-	200	200	-
Níquel, Ni	mg/L	0.02	0.2	0.2	0.2
Fósforo, P	mg/L	0.1	-	-	-
Plomo, Pb	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05
Antimonio, Sb	mg/L	0.006	-	-	-
Selenio, Se	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05
Uranio, U	mg/L	0.02	-	-	-
Vanadio, V	mg/L	0.1	-	-	-
Zinc, Zn	mg/L	3	2	2	24

Anexo, Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D.S N°002—2008- MINAM.

**Agua de uso doméstico**, se asume los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031–2010 S.A., en relación a los parámetros calificados como obligatorios y los asumidos en este estudio.



**Tabla 2. Límites Máximos Permisibles para Calidad de Agua de Uso Doméstico DS 031 – 2010 S.A.**

Parámetro	Unidad	LMP según DS N° 031-2010-SA
pH	unidad de pH	6,5 a 8,5
Turbiedad	UNT	5
Conductividad (25 °C)	µmho/cm	1 500
Cloro Residual Libre	mg/L	0,5 (nota 1)
<b>Arsénico</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,010 (nota 2)</b>
Bario	mg/L	0,700
Cadmio	mg/L	0,003
Cromo total	mg/L	0,050
Cianuro	mg/L	0,070
Plomo	mg/L	0,010
Mercurio	mg/L	0,001
Nitrato	mg/L	50,00
Selenio	mg/L	0,010
Color verdadero (UC)	UCV escala Pt/Co	15
Sólidos disueltos totales	mg/L	1 000
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500
Sulfatos	mg/L	250
Cloruros	mg/L	250
Sodio	mg/L	200
Aluminio	mg/L	0.2
Cobre	mg/L	2
Hierro	mg/L	0.3
Manganeso	mg/L	0.4
Zinc	mg/L	3
Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
Coliformes Fecales (termotolerantes) (**)	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Olor y sabor	--	Aceptable

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

(\*\*) En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias Escherichia coli, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

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

Nota 2: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL-1.

Para evaluaciones de parámetros específicos se debe consultar los LMP definidos en el D.S N°031— 2010-SA.

### 2.2.2. Estándares referenciales de Calidad de Agua (ECA).

**Decreto supremo D.S. 015 – 2015 MINAM**, modifica los parámetros y valores de estándares nacionales de calidad ambiental para agua, aprobados por D.S. 002 – 2008 – MINAM.

El artículo 31 de la Ley 28611 define el estándar de calidad ambiental (ECA), como la medida que establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos, y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Los estándares de calidad ambiental ECA para agua son referentes legales, obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones puedan generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes, dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de sus compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente.

**TABLA 3. PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS**

**CATEGORÍA 1 – A D.S. 015-2015-MINAM.**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizados con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado

**FISICO QUÍMICOS**

Aceites y grasas	mg/L	0.5	1.7	1.7
Cianuro total	mg/L	0.07	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de color verdadero escala Pt/Co	15	100(a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1500	1600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**_
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0.003	**	**
Fluoruros	mg/L	0.5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0.1	0.15	0.15
Materiales flotantes de origen antropogénico		Ausencia de materiales de origen antrópico	Ausencia de materiales de origen antrópico	Ausencia de materiales de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3	3	**
Amoníaco-N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥6	≥5	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	250	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

**INORGÁNICOS**

Arsénico (As)	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario (Ba)	mg/L	0,7	1	**
Berilio (Be)	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro (B)	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio (Cd)	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre (Cu)	mg/L	2	2	2
Cromo total (Cr)	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso (Mn)	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,07	**	**
Niquel (Ni)	mg/L	0,07	**	**
Plomo (Pb)	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio (Se)	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc (Zn)	mg/L	3	5	5

**MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Coliformes Totales (35 - 37°C)	MNP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes termotolerantes (44,5 °C)	MNP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	Número de Organismos/L	0	**	**
Escherichia coli	MNP/100 ml	0	**	**
Microcistina - LR	mg/L	0,001	0,001	**
Vibrio Cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (Algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estados evolutivos) (d)	Número de Organismos/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

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

(b) después de la filtración simple.

(c) Para el cálculo de los trihalometanos.

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

\*\* No presenta valor en ese parámetro para la subcategoría. Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Δ3 Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual, multianual del área evaluada.

**TABLA 4. PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS**  
**CATEGORÍA 1 – B D.S. 015-2015-MINAM.**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto Primario	Contacto Secundario
<b>FISICO QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro libre	mg/L	0.022	0.022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	Ausencia de espuma persistente
Materiales flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de materiales flotante
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25°C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥5	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 - 9,0	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000
Sulfuros	mg/L	100	**
Turbiedad	UNT	5	100
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio (Sb)	mg/L	0,006	**
<b>Arsénico (As)</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,01</b>	<b>**</b>
Bario (Ba)	mg/L	0,7	**
Berilio (Be)	mg/L	0,04	**
Boro (B)	mg/L	0.5	**
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	**
Cobre (Cu)	mg/L	2	**
Cromo total (Cr)	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso (Mn)	mg/L	0,1	**
Mercurio (Hg)	mg/L	0,001	**
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,07	**
Niquel (Ni)	mg/L	0,02	**

Plomo (Pb)	mg/L	0,01	**
Plata (Ag)	mg/L	0,01	0,05
Selenio (Se)	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc (Zn)	mg/L	3	**

**Microbiológicos y  
Parasitológicos**

Coliformes Totales (35 - 37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 ml	200	1 000
Formas Parasitarias	Número de Organismos/L	0	**
Escherichia coli	E.Coli/100 ml	Ausencia	Ausencia
Giardia duodenalis	Número de Organismos/L	Ausencia	Ausencia
Entero cocos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella sp	Presencia/ 100 ml	0	0
Bibrio cholerae	Presencia/ 100 ml	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad nefelométrica de turbiedad

NMP/100 ml Número más probable en 100 ml.

\*\* No presenta valor en ese parámetro para la subcategoría.

## 2.5 Definición de Términos

- a) **Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (USEPA).** La Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del Medio Ambiente), más conocida por sus siglas en inglés, EPA, es una agencia del gobierno federal de Estados Unidos encargada de proteger la salud humana y proteger el medio ambiente: aire, agua y suelo
- b) **Aguas Minerales.** Son aquellas aguas con contenidos mayor de 1 gr /L, es común la presencia de cationes de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup>, aniones, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y HCO<sup>3-</sup>.
- c) **Aguas Minerales gaseosas.** Contienen CO<sub>2</sub> en concentraciones adecuadas y pureza que la hacen apta para el consumo humano.

- d) **Aguas Minero medicinales.** Son aguas minerales con altos contenidos de iones comunes y poco comunes como el  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{F}^-$ , utilizadas en baños, bebidas, inhalaciones y aspersiones con fines terapéuticos.
- e) **Aguas Naturales.** Son aquellas que provienen de manantiales, ríos, lagos y lagunas, por su composición salina y pureza bacteriana son considerados aptos para el consumo humano.
- f) **Agua subterránea.** Se encuentra en los acuíferos bajo la superficie de la tierra. El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares.
- g) **Agua superficial.** Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo, a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas.
- h) **Aguas Termales.** Son aquellas aguas que afloran a temperaturas mayores al promedio anual de la temperatura del ambiente ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ).
- i) **Aguas Termo minerales.** Son aguas minerales y termales con aplicaciones terapéuticas.
- j) **ANA (Autoridad Nacional del Agua).** Es un organismo constitucional autónomo del Perú, está adscrito al Ministerio de Agricultura y está encargado de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas. Tiene su sede en Lima.

- k) **Arsénico en aguas naturales.** Elemento extremadamente tóxico para el ser humano, procede de la desorción de óxidos e hidróxidos de Fe y Mn en un medio de pH alto. Parte del arsénico en las aguas puede derivar de la disolución de vidrio volcánico.
- l) **Contaminación del agua.** Acumulación indeseable de sustancias, organismos y cualquier forma de energía en un sistema hídrico.
- m) **ECAS (Estándar de calidad ambiental).** Instrumento de gestión ambiental que busca regular y proteger la calidad y salud ambiental. Los ECA son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en el aire, agua o suelo, la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores.
- n) **Fuentes con potencial geotérmico en el Perú.** Fuentes con el fin de generar electricidad o suministrar agua caliente para calefacción.
- o) **Ley 29338 (Ley de Recursos Hídricos).** Regula no solo el uso del agua como un recurso sino los bienes asociados a él, sean estos naturales (faja marginal, cauces, material de acarreo, glaciares, etc.) o artificiales (captaciones, almacenamiento, conducción, medición, saneamiento, etc.).
- p) **LMP (Límite Máximo Permisible).** Instrumento de gestión ambiental que mide la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (industria, minería, electricidad, pesquería etc.), que



al exceder causa daño a la salud humana y al ambiente.

- q) **Organización Mundial de la Salud (OMS).** Es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.
  
- r) **Vertimientos del agua.** Disposición controlada o no de un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc., estos vertimientos deben ser llevados a las plantas de tratamientos donde una vez acondicionada el agua residual, se incorpora al río.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La metodología utilizada fue la investigación aplicada,

- a) De acuerdo a la orientación: Aplicada
- b) De acuerdo a la contrastación: Descriptiva, correlacional

La orientación de la investigación, aplicada es la resolución del problema en forma práctica, inmediata en orden de transformar las condiciones del agua geotermal de Monterrey como producto para que tenga el arsénico y los elementos trazas en menor cantidad que los parámetros de la legislación peruana especifican.

De acuerdo a la contrastación descriptiva, correlacional; consiste en la descripción de la presencia del arsénico y elementos traza en las aguas geotermales para su aplicación en la determinación de efectos negativos en la salud de las personas y el impacto en el medio ambiente por vertimiento directo en el Rio Santa.

(Roberto Hernández Sampiere C. F., 2014)

#### **Diseño de la investigación**

La metodología utilizada fue el método descriptivo correlacional con la investigación aplicada y la evaluación química de las aguas geotermales de Monterrey, muestreo y análisis del contenido del elemento contaminante, arsénico y otros como el Pb, Cd, Sb, Zn, Cu, Hg (metales pesados). Bo, Ba, Fe, Mn, Na, P; como elementos traza contaminantes. Esto nos permite evaluar

y relacionar los resultados con los estándares de calidad de agua requerida por la legislación peruana.

### **3.2. Plan de recolección de la información**

#### **Población y Muestra**

La población es el número de puntos de monitoreo determinados. En el ingreso del agua, en la fuente, y la salida de la fuente de los baños geotermales de Monterrey.

M01, Muestreo en el ingreso del agua al sistema.

M02, Muestreo en el ingreso a la piscina pequeña.

M03, Muestreo a la salida del sistema de piscinas hacia el río Monterrey.

**Muestra.** Se tomaron muestras de 01 litro en los puntos de monitoreo identificados en las instalaciones de los baños geotermales de Monterrey, el 10% de cada muestra fue tomado para los análisis químicos en el laboratorio SAG, se consideró una muestra duplicada de punto de monitoreo (M03) para verificar la calidad de los resultados de los análisis químicos.

### **3.3 Instrumento (s) de recolección de información**

Se realiza la recolección bibliográfica de información sobre metodologías de análisis químicos de elementos trazas contaminantes o tóxicas para la salud y el medio ambiente, se recolecta información de los análisis realizados a las aguas termales de Monterrey de distintos informes y estudios anteriores realizados. Se tiene alcance a la información del marco legal ambiental sobre

la gestión, uso y vertimiento de aguas al ambiente, ECAS (Estandar de calidad ambiental) que es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua en su condición de cuerpo receptor que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente.

**Se evalúa los alcances de análisis químico** de trazas en los laboratorios de la UNASAM y el laboratorio de ensayos SAG (Lima), se determina realizar los análisis de metales totales (aluminio, antimonio, arsénico, bario, boro, berilio, cadmio, calcio, cerio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, selenio, sílice (SiO<sub>2</sub>), plata, sodio, estroncio, talio, estaño, titanio, vanadio, zinc) en el laboratorio SAG.

Método, EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Versión. Determination of Metales and trace Elements in Wáter and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994.

Con los resultados de análisis químicos obtenidos, concentración en mg/L, se realiza la evaluación del arsénico en relación a los parámetros exigidos en la legislación (ECA), D.S. 015-2015-MINAM, se determina los alcances de la tesis respecto a los efectos en la salud de las personas y ambientales.

Con los resultados de los análisis químicos obtenidos se evalúa la presencia y concentración de los elementos contaminantes trazas como el Bo, Ba, Fe, Mn, Na y P que bibliográficamente en contenidos mayores a los estándares exigidos por la legislación tienen efectos adversos en la salud y el medio ambiente.

### **3.4 Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información**

Luego de determinar la población y los puntos de muestreo, se toman las muestras con las especificaciones técnicas del laboratorio SAG – Lima, personal calificado, estas son trasladadas al laboratorio y se realizan los análisis de acuerdo a los requerimientos de agua termal con la matriz de agua natural.

Con los resultados de los análisis químicos realizados se determinan las diferencias respecto a la legislación, correlacionando con los estándares de calidad de aguas requeridas para este uso. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, DS 031, 2010 SA, el D.S. 015-2015-MINAM que modifica los parámetros y valores de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua, aprobados por D.S. 002-2008-MINAM.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de los análisis realizados en el laboratorio SAG.

La metodología empleada para una selección adecuada de los puntos de muestreo fue tomar muestras en el ingreso al sistema (M01), en el sistema (M02) y a la salida del sistema (M03).

**Muestra 01**, tomado a la salida de la fuente de emergencia del agua, antes del ingreso al sistema (Piscina principal), temperatura promedio 45°C.

Ubicación: Coordenadas UTM

X: 221593.53213250014

Y: 8952346.412663415

Altitud: 2706 msnm

**Muestra 02**, tomado en la piscina central, temperatura promedio de 32°C.

Ubicación: Coordenadas UTM

X: 221558.47223831218

Y: 8952317.493938202

Altitud: 2701 msnm

**Muestra 03**, tomado a la salida del sistema, tubería de desfogue hacia el rio monterrey, temperatura promedio de 26°C.

Ubicación: Coordenadas UTM

X: 221516.05847791926

Y: 8952302.576565723

Altitud: 2690 msnm

Los informes de ensayos, 093924 – 2015 SAG, 131117 – 2019 SAG, 130921 – SAG; realizados por el laboratorio SAG, con Registro N<sup>o</sup> LE – 047, Dirección de Acreditación INACAL NTP – ISO / IEC 17025; 2006, se muestra en anexo 16,.

Con las técnicas de muestreo y preservación de muestras empleadas por el técnico del laboratorio SAG y el envío de las muestras al laboratorio de Lima para el análisis de metales totales (Método, EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Versión / 1994. Determination of Metales and trace Elements in Wáter and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994, se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 5. INFORME DE ENSAYO N° 093924-2015. SAG**

<b>Ensayo</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>M01</b>	<b>M02</b>	<b>M03</b>
<b>Metales Totales</b>		mg/L	mg/L	mg/L
Plata (Ag)	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	<0.01	0.02	<0.01
<b>Arsénico (As)</b>	<b>0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.003</b>
Boro (B)	0.002	82.677	85.455	82.462
Bario (Ba)	0.002	1,214	1.193	1.196
Berilio (Be)	0.0002	0,0018	0,0010	0,0019
Calcio (Ca)	0.02	47.97	53.70	48.70
Cadmio (Cd)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	0.024	0.024	0.025
Cobalto (Co)	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cromo (Cr)	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cobre (Cu)	0.0004	0.0009	<0.0004	0.0005
Hierro (Fe)	0.002	3.679	1.209	2.146
Mercurio (Hg)	0.001	<0,001	<0,001	<0,001
Potasio (K)	0.04	175.57	176.98	176.11
Litio (Li)	0.003	19.951	19.841	19.906
Magnesio (Mg)	0.02	9.32	9.23	9.27
Manganeso (Mn)	0.0004	1.4110	1.4310	1.3868
Molibdeno (Mo)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	>350	>350	>350
Níquel (Ni)	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Fósforo (P)	0.003	0.550	0.179	0.046
Plomo (Pb)	0.0004	0.0034	0.0022	0.0023
Antimonio (Sb)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio (Se)	0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.02	56.31	56.19	56.50
Estaño (Sn)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	2.118	2.173	2.104
Titanio (Ti)	0.0003	0.0046	0.0054	0.0050
Talio (Tl)	0.003	<0.003	0.003	0.004
Vanadio (V)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	<0.002	0.005	<0.002

Parámetro de medición. Mg/L

LDM: Límite de detección del método



**Tabla 6. INFORME DE ENSAYO N° 130920-2019. SAG**

<b>Ensayo</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>M01</b>	<b>M02</b>	<b>M03</b>
<b>Metales Totales</b>		mg/L	mg/L	mg/L
Plata (Ag)	0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	0.03	0.11	<0.02
<b>Arsénico (As)</b>	<b>0.001</b>	<b>0.011</b>	<b>0.006</b>	<b>0.007</b>
Boro (B)	0.002	79.450	80.208	78.063
Bario (Ba)	0.002	1,160	1.168	1.186
Berilio (Be)	0.0003	0,0021	0,0016	0,0014
Calcio (Ca)	0.05	44.60	51.99	45.46
Cadmio (Cd)	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004
Cerio (Ce)	0.002	0.032	0.032	0.033
Cobalto (Co)	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	<0.0007	<0.0007	0.0007
Hierro (Fe)	0.002	5.786	4.648	4.029
Mercurio (Hg)	0.001	<0,001	<0,001	<0,001
Potasio (K)	0.04	145.07	145.72	145.79
Litio (Li)	0.003	16.431	15.921	16.353
Magnesio (Mg)	0.04	8.51	8.41	8.25
Manganeso (Mn)	0.0005	1.3612	1.4894	1.3743
Molibdeno (Mo)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	>350	>350	>350
Níquel (Ni)	0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	0.094	0.163	0.068
Plomo (Pb)	0.0005	0.0048	0.0074	0.0067
Antimonio (Sb)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	28.09	27.77	28.53
Estaño (Sn)	0.001	<0.001	0.0011	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	1.971	1.957	1.913
Titanio (Ti)	0.0003	0.0064	0.0101	0.0063
Talio (Tl)	0.003	<0.003	<0.003	0.0035
Vanadio (V)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	0.003	0.0108	0.005

Parámetro de medición. Mg/L

LDM: Límite de detección del método

**Tabla 7. INFORME DE ENSAYO N° 131117-2019. SAG**

<b>Ensayo</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>M01</b>	<b>M02</b>	<b>M03</b>
<b>Metales Totales</b>		mg/L	mg/L	mg/L
Plata (Ag)	0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	0.01	0.03	<0.02
<b>Arsénico (As)</b>	<b>0.001</b>	<b>0.008</b>	<b>0.007</b>	<b>0.005</b>
Boro (B)	0.002	78.045	77.004	78.443
Bario (Ba)	0.002	1,174	1.171	1.161
Berilio (Be)	0.0003	0,0015	0,0015	0,0013
Calcio (Ca)	0.05	45.63	45.89	45.56
Cadmio (Cd)	0.0004	<0.0004	0.0004	0.0004
Cerio (Ce)	0.002	0.034	0.036	0.033
Cobalto (Co)	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Hierro (Fe)	0.002	3.801	4.411	3.079
Mercurio (Hg)	0.001	<0,001	<0,001	<0,001
Potasio (K)	0.04	146.15	143.96	144.89
Litio (Li)	0.003	16.284	15.975	16.201
Magnesio (Mg)	0.04	8.23	7.96	8.30
Manganeso (Mn)	0.0005	1.3782	1.3668	1.3619
Molibdeno (Mo)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	>350	>350	>350
Níquel (Ni)	0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	0.072	0.084	0.061
Plomo (Pb)	0.0005	0.0064	0.0066	0.0061
Antimonio (Sb)	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	28.35	28.04	28.04
Estaño (Sn)	0.001	<0.001	0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	1.878	1.868	1.918
Titanio (Ti)	0.0003	0.0064	0.0065	0.0064
Talio (Tl)	0.003	<0.003	0.004	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	0.008	0.005	0.004

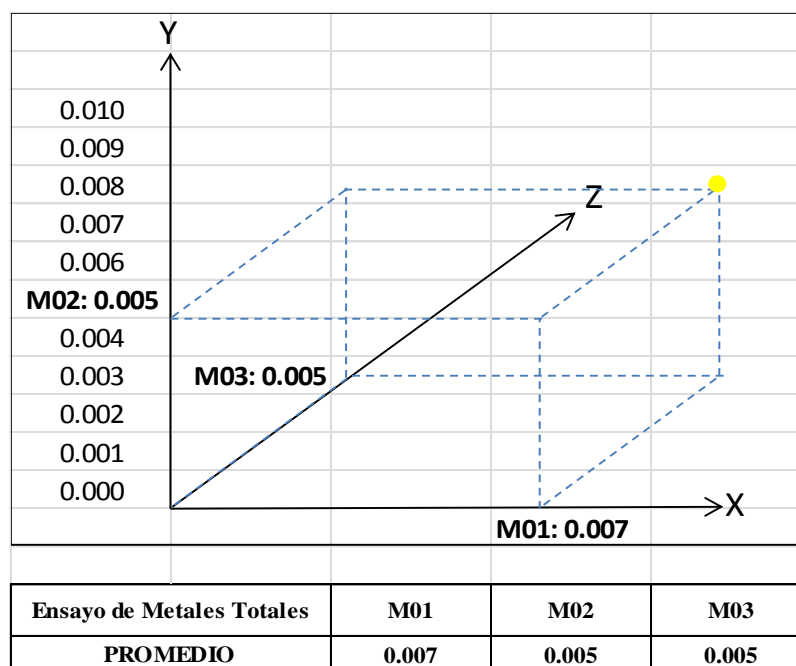
Parámetro de medición. Mg/L

LDM: Límite de detección del método

**Tabla 8. PROMEDIO DE ENSAYOS DE ARSÉNICO**

Ensayo de Metales Totales	L.D.M.	M01	M02	M03
		mg/L	mg/L	mg/L
093924 - 2015	0.001	<0.001	0.001	0.003
130920 – 2019	0.001	0.011	0.006	0.007
130921 – 2019	0.001	0.008	0.007	0.005
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.007</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>

**Interpolación en el Plano Cartesiano X, Y, Z.**



**4.2 Interpretación de resultados de los análisis de Arsénico realizados en el laboratorio SAG.**

**Evaluación de la presencia de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey, Huaraz, Ancash.**

En las tablas 16, 17, 18; Informes de Ensayos N°s 093924-2015 SAG, 130920-2019 SAG, 130921-2019 SAG. Observamos los contenidos de arsénico en las muestras y en la tabla 08 observamos el promedio de ensayos de arsénico (3 ensayos).

M01. 0.007 mg/L.

M02. 0.005 mg/L.

M03. 0.005 mg/L.

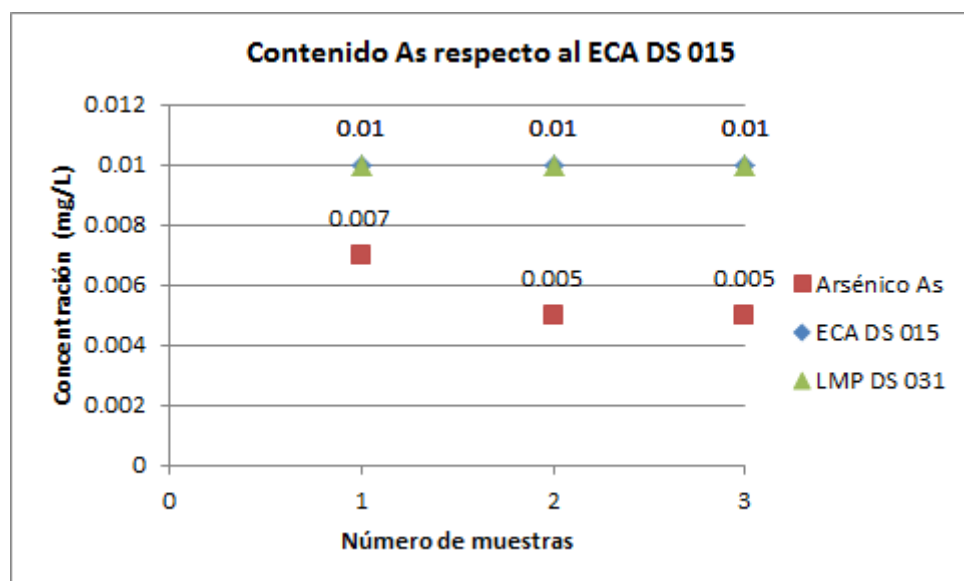
Generamos un cuadro comparativo con el estándar de calidad de agua (ECA) DS 015–2015–MINAM, Categoría B1 Recreacional y observamos:

**Tabla 9. Comparación de resultados de análisis del As con estándares de agua, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**

Ensayo	M01	M02	M03	ECA DS 015-2015-MINAM Categoría B1 Recreacional	LMP DS 031-2010-SA Categoría 1
Metales Totales	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Arsénico (As)	0.007	0.005	0.005	0.010 *	0.010

\* Categoría B1 – Recreacional Perú

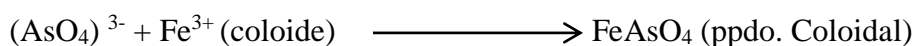
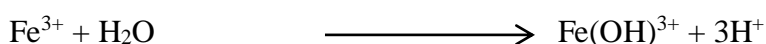
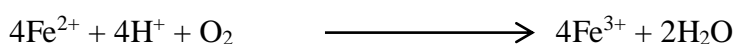
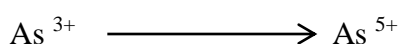
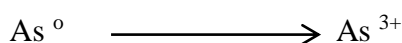
**Gráfico 1. Contenido de As en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



Las tres muestras analizadas, presentan un bajo contenido de arsénico en relación a los parámetros exigidos en la legislación ECA DS 015 2015 – MINAM, Categoría B1 Recreacional y el límite máximo permitido DS 031 – 2010 – SA es 0.010 mg/L.

**Esto demuestra que no hay contaminación por As del agua de Monterrey (Informe de ensayos realizados por el laboratorio SAG (03), con valor oficial.**

La cantidad mínima de arsénico presente estaría determinada por la presente reacción química.



#### 4.3. Identificación de otros elementos traza contaminantes.

**Tabla 10. Comparación de resultado de análisis de elementos traza con alto contenido con estándares de agua, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**

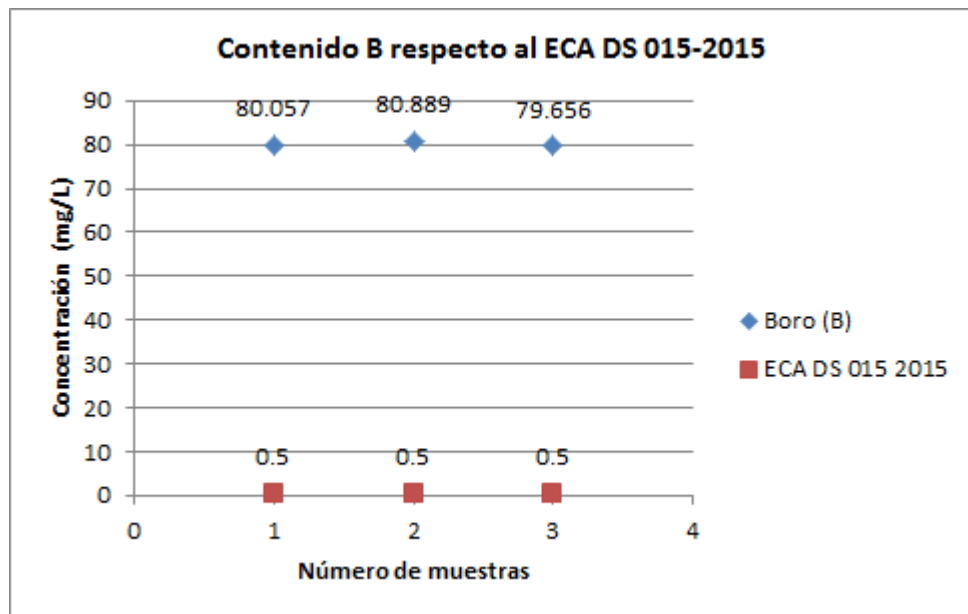
Ensayo	M01	M02	M03	ECA DS 015-2015-MINAM Categoría B1 Recreacional	LMP DS 031-2010-SA Categoría 1
<b>Metales Totales</b>	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Boro (B)	80.0577	80.889	79.656	0.500	
Bario (Ba)	1,183	1.177	1.181	0.700	0.700
Hierro (Fe)	4.422	3.423	3.085	0.300	0.300
Manganeso (Mn)	1.3835	1.4290	1.3743	0.100	0.100
Sodio (Na)	>350	>350	>350	300 *	
Fósforo (P)	0.238	0.142	0.058	0.150	0.100

\*Categoría A1 – Recreacional Brasil

A consecuencia de estas observaciones evaluamos los elementos, B, Ba, Fe, Mn, Na, P; sus efectos en la salud de las personas y el medio ambiente.

#### 4.4 Interpretación de la presencia del elemento Boro.

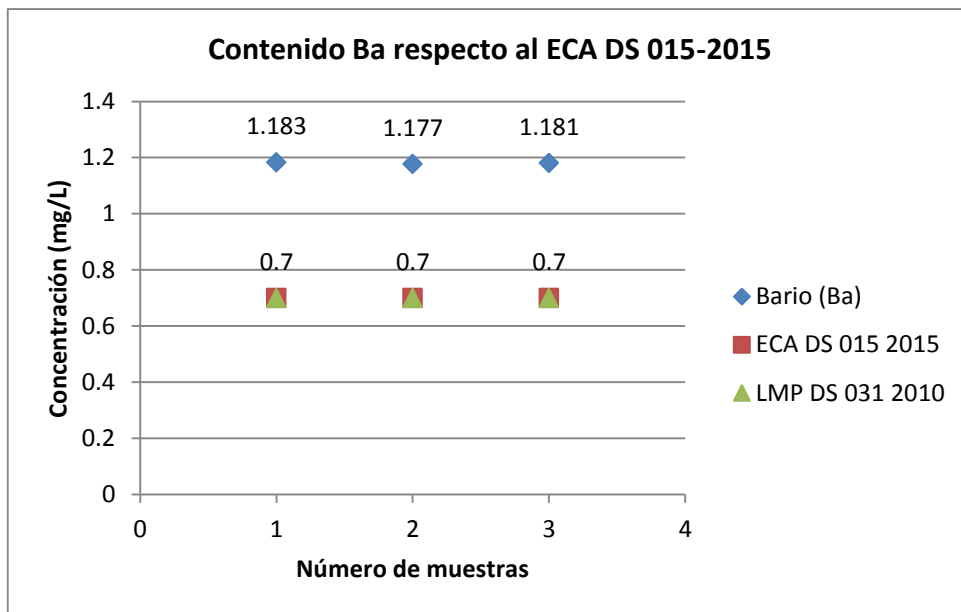
**Gráfico 2. Contenido de B en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El Boro tiene 82.677 mg/L, respecto al estándar de 0.500 mg/L, Presenta un alto contenido en las aguas de la piscina considerando dosis tóxica que puede causar envenamiento.

#### 4.5 Interpretación de la presencia del elemento Bario.

**Gráfico 3. Contenido de Ba en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**

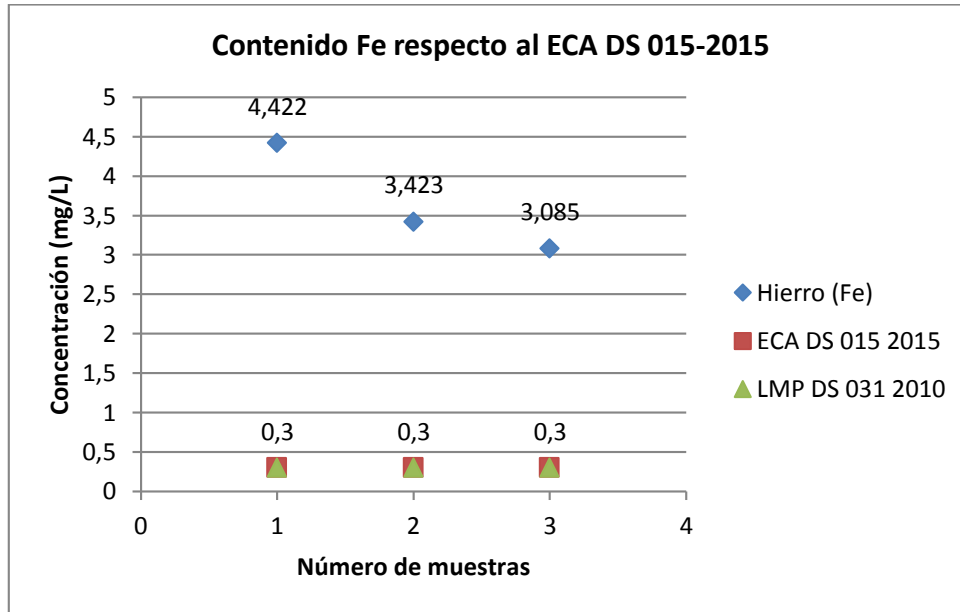


El Ba presenta la concentración de 1.214 mg/L respecto al estándar de 0.700 mg/L.

La cantidad detectada no es suficientemente alta como para llegar a ser peligroso a la salud, no se ha demostrado que el Bario cause cáncer en los humanos y no hay pruebas que causen infertilidad o defectos de nacimiento.

#### 4.6 Interpretación de la presencia del elemento Hierro.

**Gráfico 4. Contenido de Fe en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**

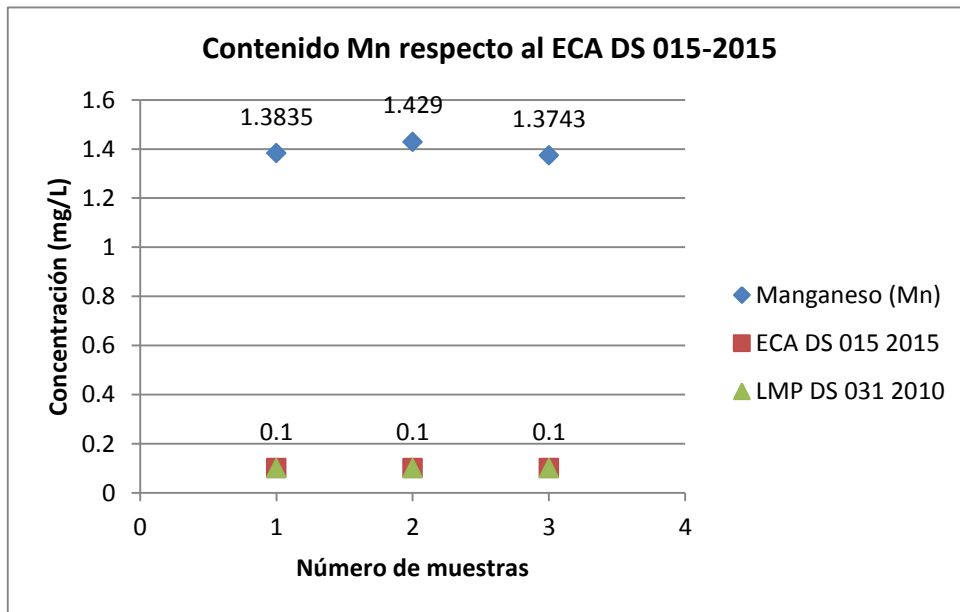


El Hierro presenta una elevada diferencia de 3.679 mg/L respecto al estándar de 0.300 mg/L. Si bien es cierto que forma complejos de hidróxido que precipitan como sólidos en este caso hay el proceso de redisolución y presencia en la solución.



#### 4.7 Interpretación de la presencia del elemento Manganeseo.

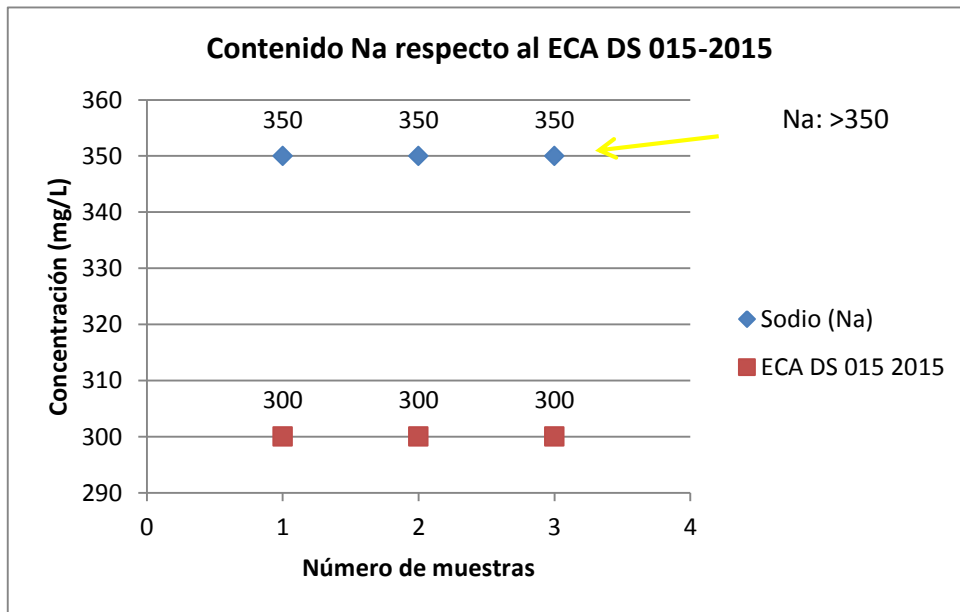
**Gráfico 5. Contenido de Mn en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El Mn presenta una elevada presencia de 1.411 mg/L respecto al estándar de 0.100 mg/L. Es tóxico a elevadas concentraciones ocasionando problemas en la salud e ingresa al organismo a través de la piel de las aguas con alto contenido de este elemento.

#### 4.8 Interpretación de la presencia del elemento Sodio.

**Gráfico 6. Contenido de Na en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**

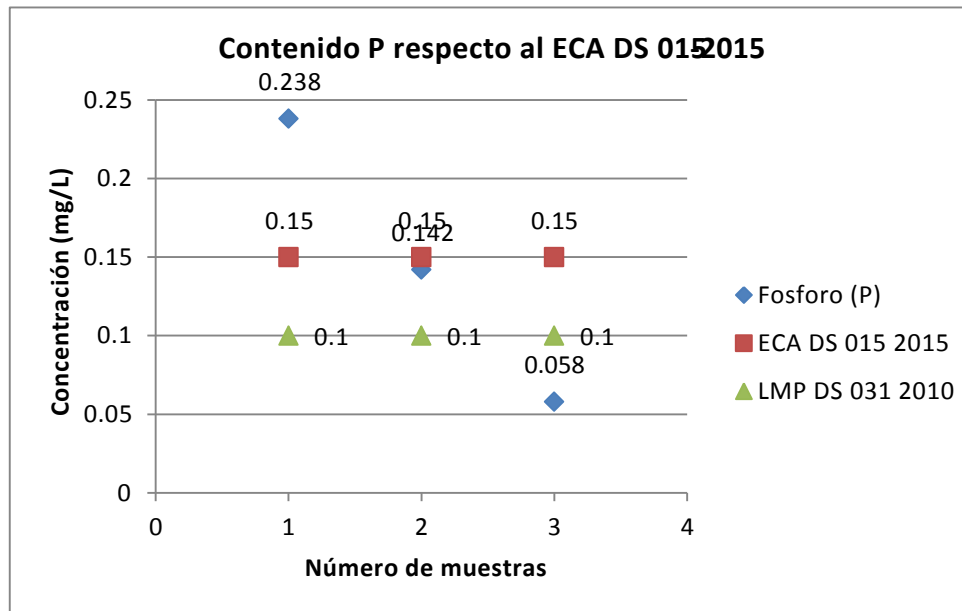


El Na presenta contenidos de  $>350$  mg/L, respecto al estándar de 300 mg/L. El exceso incrementa la posibilidad de hipertensión y daño a los riñones.

Para contar con una cifra más representativa que  $>350$  mg/L, tendremos que analizar las muestras por otro método que arroje la cantidad exacta de presencia de este elemento en las aguas de Monterrey.

#### 4.9 Interpretación de la presencia del elemento Fósforo.

**Gráfico 7. Contenido de P en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El fosforo presenta en la M01, una concentración de 0.238 mg/L respecto al estándar de 0.150 mg/L.

También observamos que la concentración en la M03 del fósforo es de 0.058 mg/L, menor que la muestra M01. Podemos asumir que hay una absorción por parte de los usuarios en el uso de estas aguas recreacionales.

#### **Resultado 1. Evaluación de los efectos del arsénico y otros elementos contaminantes traza disueltos en las aguas geotermales de Monterrey en la salud de las personas usuarias de los baños geotermales de Monterrey.**

De los resultados obtenidos del análisis químico de las aguas geotermales de Monterrey el arsénico que presenta un bajo contenido en relación a los parámetros exigidos en la legislación ECA DS 015 2015 – MINAM, Categoría B1 Recreacional y el límite máximo permitido DS 031 – 2010 – SA de 0.010 mg/L,

no afecta la salud de las personas usuarias de los baños geotermales. Sin embargo esto no determina el alcance del objetivo específico 1 respecto a los efectos contaminantes en la salud de las personas por el uso del agua de los baños termales de Monterrey, al observar en la misma tabla 5, 6, 7; Informes de Ensayos SAG., notamos la presencia de otros elementos traza con altos contenidos que están por encima de los estándares nacionales exigidos para su uso.

En la evaluación de la concentración de otros elementos traza como el B, Ba, Fe, Mn, Na, P, observamos altos contenidos de estos elementos respecto al ECA DS 015-2015-MINAM Categoría B1 Recreacional y LMP DS 031-2010-SA.

**Riesgo de exposición al Boro:** En aguas con concentraciones superiores a estándares recomendados son TÓXICOS., dosis alta puede causar envenenamiento agudo, casos fatales en recién nacidos expuestos al Boro por vía oral o a través de la piel.

**Efectos del Boro en la salud:** Pequeñas cantidades causa irritación a los ojos, nariz y garganta; problemas con el hígado, riñones, cerebro, muerte.

Por otro lado, la exposición crónica, puede causar deshidratación, ataques, una disminución de glóbulos rojos en la sangre, daño a los riñones e hígado.

Estudios muestran que el envenenamiento por boro provoca "toxicidad testicular, baja motilidad de esperma y problemas de fertilidad", tanto a corto y largo plazo, como indica la Organización Mundial de la Salud (OMS). Afecta el sistema reproductivo del hombre.

**Efectos secundarios del Boro en la salud:** Erupciones en la piel, náuseas, vómito (puede ser de color azul verdoso), diarrea, dolores abdominales y de cabeza, baja presión arterial y cambios metabólicos en la sangre (acidosis).

Puede aparecer agitación o la reacción opuesta (debilidad, agotamiento, depresión), se ha detectado fiebre, hipertermia, temblores y ataques. (SALUD, 2009)

**Riesgo de exposición al Bario:** Efectos sobre la salud en trabajos en la industria del Ba, por respirar aire que contiene sulfato de Bario o Carbonato de Bario, por tomas de agua, contaminada con bario soluble en agua.

Uso en alambres de bujía; metal de frías (aleación de Pb, Ba, Ca), pigmento para pinturas, bricks, azulejos, vidrio, gomas, veneno para ratas, los compuestos del Bario son usados por las industrias del aceite y gas, lubricantes para taladros.

**Efectos del Bario en la salud:** El Ba tiene gran absorción de rayos X, se usa como sulfato de bario cubriendo el tubo digestivo. La cantidad de Bario que es detectada en la comida y en agua generalmente no es suficientemente alta como para llegar a ser peligroso a la salud.

La toma de gran cantidad de Ba en compuestos solubles en agua causa parálisis y en algunos casos la muerte.

**Efectos secundarios del Bario en la salud:** Pequeñas cantidades de Bario soluble en agua puede causar en las personas dificultad al respirar, incremento de la presión sanguínea, arritmia, dolor de estómago, debilidad en los músculos, cambios en los reflejos nerviosos, inflamación del cerebro y el hígado, daño en los riñones y el corazón.

El Bario ingresa al aire durante la combustión del carbón y aceites. (SALUD, 2009)

**Riesgo de exposición al Hierro:** La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro desarrolla la neumoconiosis, se incrementa el riesgo de cáncer de pulmón.

**Efectos del Hierro en la salud:** El cuerpo humano absorbe Hierro de animales más rápido que el Hierro de las plantas. El Hierro es una parte esencial de la hemoglobina, es el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos.

La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro desarrolla una neumoconiosis benigna, llamada siderosis; puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares.

**Efectos secundarios del Hierro en la salud:** Si contacta con los tejidos y permanece en ellos puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis. (SALUD, 2009)

**Riesgo de exposición al Manganeso:** Tóxico en elevadas concentraciones, aumento de concentraciones en el aire, agua superficial, aguas subterráneas y aguas residuales por las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles; entra en el suelo a través de la aplicación del Manganeso como pesticida.

**Efectos del Manganeso en la salud:** El manganeso es un elemento esencial necesario para la supervivencia de los humanos, es tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones, afectan la salud en el tracto respiratorio y el cerebro.

Los síntomas por envenenamiento con Manganeseo son alucinaciones, esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza, insomios, olvidos y daños en los nervios, puede causar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.

La toma de Manganeseo tiene lugar a través de la comida, espinacas, el té y las hierbas. Las comidas que contienen las más altas concentraciones son los granos, arroz, las semillas de soja, huevos, frutos secos, aceite de oliva, judías verdes y ostras. Después de ser absorbido en el cuerpo humano el manganeseo será transportado a través de la sangre al hígado, los riñones, el páncreas y las glándulas endocrinas.

**Efectos secundarios del Manganeseo en la salud:** La falta de Mn puede causar efectos sobre la salud. Intolerancia a la glucosa, coágulos de sangre, problemas de la piel, bajos niveles de colesterol, desorden del esqueleto, defectos de nacimiento, cambios en el color del pelo, síntomas neurológicos.

Cuando el Manganeseo es tomado a través de la piel este puede causar temblores y fallos en la coordinación. Finalmente, las pruebas de laboratorio con animales han mostrado diversos envenenamientos con Manganeseo, incluso causan el desarrollo de tumores en animales. (SALUD, 2009)

**Riesgo de exposición al Sodio:** El exceso de Na daña los riñones e incrementa la posibilidad de hipertensión.

**Efectos del Sodio en la salud:** El sodio es un componente de muchas comidas, por ejemplo la sal común, es necesario para los humanos para mantener el balance de

los sistemas de fluidos físicos. Es también requerido para el funcionamiento de nervios y músculos.

El exceso de sodio puede dañar nuestros riñones e incrementa las posibilidades de hipertensión, la exposición severa puede resultar en dificultad para respirar, tos y bronquitis química, el contacto con la piel puede causar picazón, hormigueo, quemaduras dérmicas y corrosivas con daño permanente, el contacto con los ojos causa daño permanente y pérdida de la visión.

**Efectos secundarios del Sodio en la salud:** El contacto de sodio con agua, incluyendo la transpiración provoca la formación de humos de hidróxido de sodio que son muy irritantes para la piel, los ojos, la nariz y la garganta; Esto puede provocar estornudos y tos. (SALUD, 2009)

**Riesgo de exposición al Fósforo:** El fósforo blanco es extremadamente venenoso y en muchos casos la exposición será fatal.

**Efectos del Fósforo en la salud:** El Fósforo en su forma pura tiene un color blanco, esta es la forma más peligrosa conocida; cuando está presente en la naturaleza es un peligro serio para nuestra salud; es extremadamente venenoso y en muchos casos la exposición a él será fatal.

En la mayoría de los casos la gente que muere por fósforo blanco ha sido por tragar accidentalmente veneno de rata, ellos a menudo experimentan náuseas, convulsiones en el estómago y desfallecimiento, causa quemaduras en la piel, daña el hígado, corazón y riñones.



**Efectos secundarios del Fósforo en la salud:** A consecuencias de las emisiones de fosfatos en el ambiente debido a la minería y los cultivos, puede causar problemas de salud, como es daño a los riñones y osteoporosis, su disminución también causa problemas de salud (uso extensivo de medicinas).

Durante la purificación del agua los fosfatos no son eliminados correctamente, así que pueden expandirse a través de largas distancias cuando se encuentran en la superficie de las aguas.

En suelos profundos y en el fondo de los ríos y lagos el fósforo puede permanecer miles de años y más. (SALUD, 2009)

**Resultado 2. Evaluación de los efectos ambientales por el vertimiento directo de las aguas de Monterrey en el río Santa con contenido de arsénico y otros elementos traza.**

De los resultados obtenidos del análisis químico de las aguas geotermales de Monterrey el arsénico que presentan un bajo contenido en relación a los parámetros exigidos en la legislación ECA DS 015 2015 – MINAM, Categoría B1 Recreacional y el límite máximo permitido DS 031 – 2010 – SA de 0.010 mg/L, no afecta el medio ambiente por el vertimiento directo en el río Santa, los otros elementos traza con altos contenidos que están por encima de los estándares nacionales exigidos para su uso, si estarían afectando el medio ambiente.

**Efectos del Boro en el Medio Ambiente:** Cantidades pequeñas necesaria en plantas, grandes concentraciones tóxicas para la vegetación. (LENNTECH, 2015)

**Efectos del Bario en el Medio Ambiente:** En muchos lugares las concentraciones

de Bario en el aire, agua y suelo son mayores que las concentraciones que ocurren de forma natural como resultado de la liberación al ambiente en grandes cantidades por las industrias, las minas, proceso de refinado, y durante la producción de compuestos de Bario. (LENNTECH, 2015)

**Efectos del hierro en el Medio Ambiente:** El hierro (III) – O -arsenito, pentahidratado es peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. No se debe permitir que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste. (LENNTECH, 2015)

**Efectos del manganeso en el Medio Ambiente:** En las plantas los iones del Mn son transportado hacia las hojas después de ser tomados del suelo, cuando la absorción de Mn es muy poco causa disturbaciones en los mecanismos de las plantas y en la división del agua en hidrógeno y oxígeno. Cuando el pH del suelo es bajo las deficiencias de Manganeso son más comunes.

Concentraciones altas de Manganeso en el suelo causan inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas. (LENNTECH, 2015)

**Efectos del sodio en el Medio Ambiente:** Eco toxicidad: Límite Medio de Tolerancia (LMT) para el pez mosquito, 125 ppm/96hr (agua dulce); Límite Medio de Tolerancia (LMT) para el pez sol (*Lepomis macrochirus*), 88 mg/48hr (agua del grifo).

Destino medioambiental: Este compuesto químico no es móvil en su forma sólida, aunque absorbe la humedad muy fácilmente. Una vez líquido, el hidróxido de

sodio se filtra rápidamente en el suelo, con la posibilidad de contaminar las reservas de agua. (LENNTECH, 2015)

**Efectos del fósforo en el Medio Ambiente:** El fósforo blanco está en el ambiente cuando es usado en industrias para hacer otros productos químicos y cuando el ejército lo usa como munición.

A través de descargas de aguas residuales el fósforo blanco termina en las aguas superficiales cerca de las fábricas donde es usado. El incremento de la concentración de fósforo en las aguas superficiales aumenta el crecimiento de organismos dependientes del fósforo, como son las algas. Estos organismos usan grandes cantidades de oxígeno y previenen que los rayos de sol entren en el agua. Esto hace que el agua sea poco adecuada para la vida de otros organismos. El fenómeno es comúnmente conocido como eutrofización.

Debido a la constante adición de fosfatos por los humanos y que exceden las concentraciones naturales, el ciclo del fósforo es interrumpido fuertemente. (LENNTECH, 2015)

**Resultado 3. Reorientar estudios a implementar un tratamiento físico químico antes de ingresar el agua al sistema de piscinas de los baños geotermales de Monterrey para preservar la salud de las personas.**

**Elemento:** Boro (B)

**Origen:** Volcánico

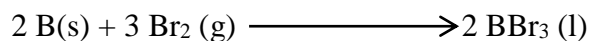
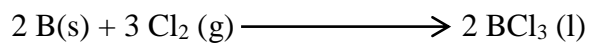
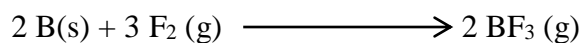
**Característica:** Reactividad a temperaturas altas.

**Presencia:** Constituyente de Silicatos (turmalina, datolita), Bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), Liberado al agua, suelo, aire por erosión.

Presente en el mar y aguas subterráneas, las Plantas absorben boro del suelo, los animales consumen las plantas, así ingresa a la cadena alimenticia.

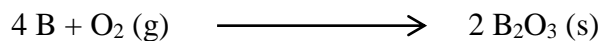
El Boro en la naturaleza se encuentra como bórax.  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (sedimento) que reacciona con los halógenos existentes en el agua.  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , tiene alta movilidad en el agua.

El Boro reacciona vigorosamente con los halógenos.



El vulcanismo y la actividad geológica análoga, liberan roca fundida con concentraciones variables de boro.

A temperatura alta el Boro reacciona con el oxígeno.



La OMS ha estimado que el nivel aceptable de boro en el agua es 2.4 ppm. (LENNTECH, 2015)

**Elemento:** Bario (Ba)

**Origen:** Se encuentra en abundancia en la corteza terrestre.

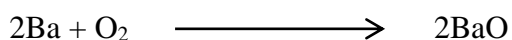
**Característica:** Metal del grupo alcalino terreo, bastante activo químicamente para reaccionar con la mayoría de los no metales.

Metal aislado por electrólisis, Los trozos recién cortados tienen una apariencia gris-blanca lustrosa, incrementa capacidad de emisión de la aleación, es dúctil y maleable, reacciona fácilmente con el agua, se oxida con rapidez al aire y forma una película protectora que evita que siga la reacción, se inflama en aire húmedo.

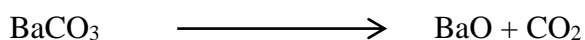
**Presencia:** Presente en la corteza terrestre (0.04%). Barita o sulfato de bario, con 65.79% de BaO, Witherita (espato pesado), carbonato de bario contiene 72% de BaO, niveles altos en vertederos de residuos peligrosos. Niveles de bario en el medio ambiente son bajos.

Altas cantidades encontradas en suelos y en comida, como son los frutos secos, algas, pescados y ciertas plantas.

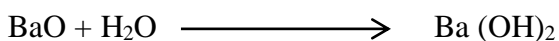
El óxido de bario se obtiene al quemar el Ba con oxígeno a temperaturas altas.



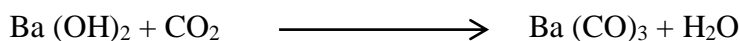
Por descomposición del carbonato de bario se tiene.



En contacto con el agua el bario reacciona para formar.



El hidróxido de Ba con el CO<sub>2</sub> produce carbonato de Ba.



**Referencia bibliográfica:** (LENNTECH, 2015)

**Elemento:** Hierro (Fe)

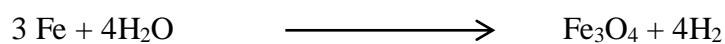
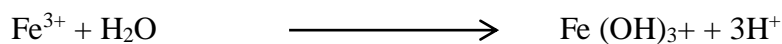
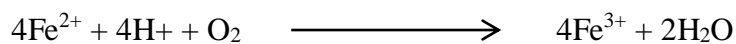
**Origen:** Elemento abundante en la corteza terrestre (5%).

**Característica:** Metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada.

**Presencia:** Los minerales principales son la hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , la limonita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , las piritas,  $\text{FeS}_2$ , y la cromita,  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ .

El hierro se encuentra en muchos otros minerales, está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre.

En forma de polvo genera la neumoconiosis (siderosis) a las personas que respiran el polvo contaminado con este elemento.



**Referencia bibliográfica:** (LENNTECH, 2015)

**Elemento:** Manganeseo (Mn)

**Origen:** Compuesto muy común en la tierra, como sólidos en suelos, pequeñas partículas en el agua y en las partículas de polvo.

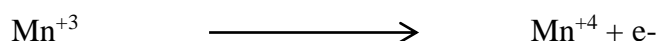
**Característica:** El manganeseo es un metal muy reactivo, forma un óxido rojo de  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , con agua se forman H e  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ .

En el caso de ácidos, se libera hidrógeno y se forma una sal de manganeseo (II). El manganeseo reacciona a temperaturas elevadas con los halógenos, azufre, nitrógeno, carbono, silicio, fósforo y boro, en sus compuestos, presenta estados de oxidación

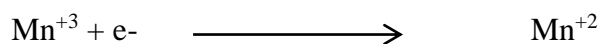
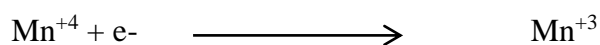
de 1+ hasta de 7+, el  $\text{KMnO}_4$ , produce soluciones de color rojo púrpura; el  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , produce soluciones de color verde intenso.

**Presencia:** Los compuestos de manganeso tienen muchas aplicaciones en la industria. El  $\text{MnO}_2$ , se usa como un agente desecante o catalizador en pinturas y barnices y como decolorante en la fabricación de vidrio y en pilas secas. El  $\text{KMnO}_4$  se emplea como blanqueador para decoloración de aceites y como un agente oxidante en química analítica.

Reviste gran importancia práctica en la fabricación del acero, se oxida con facilidad en el aire para formar una capa castaña de óxido, también a temperaturas elevadas. Debido a la labilidad de su enlace con el oxígeno, el Mn es capaz de actuar tanto como agente reductor.



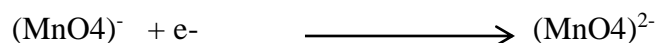
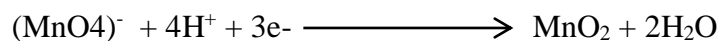
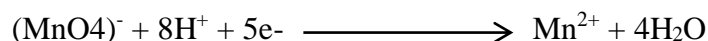
O como agente oxidante



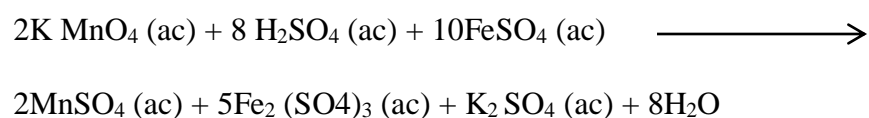
Actuando en ambos casos como un componente activo en el sistema REDOX.

El estado divalente del Mn es el más importante y en líneas generales es el más estable. En solución acuosa, neutra o ácida, existe como el ion hexacuoso  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$ , de color rosa muy pálido, que es bastante resistente a la oxidación, sin embargo en medio básico se forma el hidróxido  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  y éste se oxida con mucha facilidad aún en el aire.

Mn<sup>7+</sup> en solución acuosa (MnO<sub>4</sub>)<sup>-</sup>, es el compuesto más estable del Mn al estado de oxidación VII.



Probable reacción de solución de manganeso en el agua termal de Monterrey.



**Referencia bibliográfica:** (LENNTECH, 2015)

**Elemento:** Sodio (Na)

**Origen:** El sodio ocupa el sexto lugar por su abundancia entre todos los elementos de la corteza terrestre, contiene el 2.83% de sodio en sus formas combinadas, después del cloro es el segundo elemento más abundante en solución en el agua de mar.

**Característica:** Es un metal suave, reactivo y de bajo punto de fusión, con una densidad relativa de 0.97 a 20°C (68°F). Desde el punto de vista comercial, el sodio es el más importante de los metales alcalinos.

El sodio reacciona con rapidez con el agua, y también con nieve y hielo, para producir hidróxido de sodio e hidrógeno. Cuando se expone al aire, el sodio metálico recién cortado pierde su apariencia plateada y adquiere color gris opaco por la formación de un recubrimiento de óxido de sodio.



El sodio no reacciona con nitrógeno, incluso a temperaturas muy elevadas, pero puede reaccionar con amoníaco para formar amida de sodio.

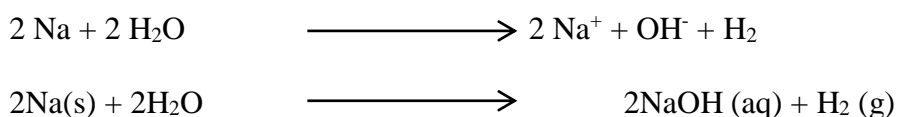
El sodio y el hidrógeno reaccionan arriba de los 200°C (390°F) para formar el hidruro de sodio. El sodio reacciona difícilmente con el carbono, si es que reacciona, pero sí lo hace con los halógenos. También reacciona con varios halogenuros metálicos para dar el metal y cloruro de sodio.

El sodio no reacciona con los hidrocarburos parafínicos, pero forma compuesto de adición con naftaleno y otros compuestos aromáticos policíclicos y con aril alquenos. La reacción del sodio con alcoholes es semejante a la reacción del sodio con agua, pero menos rápida. Hay dos reacciones generales con halogenuros orgánicos, una de éstas requiere la condensación de dos compuestos orgánicos que contengan halógenos al eliminar éstos; el segundo tipo de reacciones incluye el reemplazo del halógeno por sodio, para obtener un compuesto órgano sódico.

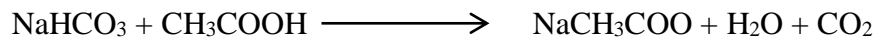
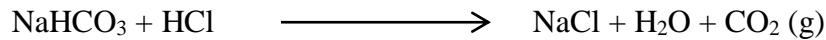
**Presencia:** Las sales de sodio más importantes que se encuentran en la naturaleza son el NaCl (sal de roca), el Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sosa y trona), el borato de sodio (bórax), el NaNO<sub>3</sub> (nitrato de Chile) y el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Las sales de sodio se encuentran en el agua de mar, lagos salados, lagos alcalinos y manantiales minerales.

El agua potable suele contener alrededor de 50 mg/L de sodio.

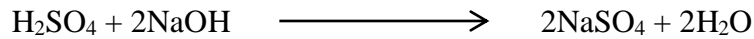
El sodio sólido reacciona con rapidez con el agua para producir hidróxido de sodio e hidrógeno, es una reacción química exotérmica.



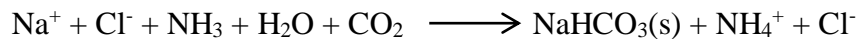
Reacción del bicarbonato de sodio.



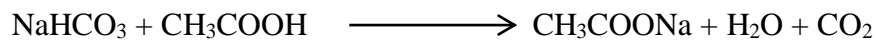
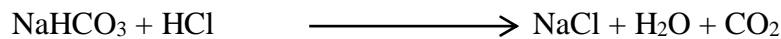
Reacción con ácido



Formación del bicarbonato de sodio

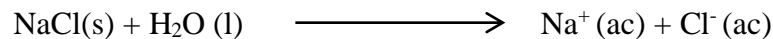


Reacción ante la presencia de un ácido moderadamente fuerte



El compuesto de sodio más familiar es el cloruro de sodio (NaCl), la solubilidad es de 359 g/L a 20°C. Su solubilidad es prácticamente independiente de la temperatura, el carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) también es soluble en agua, su solubilidad es de 220 g/L a 20°C.

En las aguas de Monterrey se encontraría el sodio formando sales solubles en agua.



**Referencia bibliográfica:** (LENNTECH, 2015)

**Elemento:** Fósforo (P)

**Origen:** El fósforo se encuentra como Ca<sub>5</sub>F(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (fluorapatita) en grandes depósitos secundarios originados en los huesos de animales y que se hallan en el fondo de mares prehistóricos, y de los guanos depositados sobre rocas antiguas.

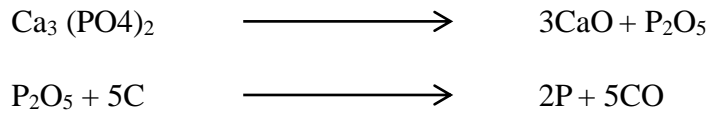
**Característica:** Cerca de tres cuartas partes del fósforo total (en todas sus formas químicas) se emplean en Estados Unidos como fertilizantes. Otras aplicaciones importantes son como relleno de detergentes, nutrientes suplementarios en alimentos para animales, ablandadores de agua, aditivos para alimentos y fármacos, agentes de revestimiento en el tratamiento de superficies metálicas, aditivos en metalurgia, plastificantes, insecticidas y aditivos de productos petroleros.

**Presencia:** El fósforo forma la base de gran número de compuestos, de los cuales los más importantes son los fosfatos. En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular. Los ácidos nucleicos, que entre otras cosas forman el material hereditario (los cromosomas), son fosfatos, así como cierto número de coenzimas. Los esqueletos de los animales están formados por fosfato de calcio.

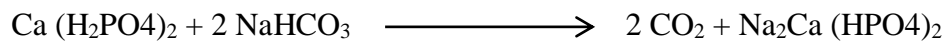
Casi todo el fósforo utilizado en el comercio está en forma de fosfatos. La mayor parte de los fertilizantes fosfatados constan de orto fosfato diácido de calcio u orto fosfato ácido de calcio muy impuros,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  y  $\text{CaHPO}_4$ . Estos fosfatos son sales del ácido orto fosfórico.

El compuesto de fósforo de mayor importancia biológica es el adenosintrifosfato (ATP), que es un éster de la sal, el tripolifosfato de sodio, muy utilizado en detergentes y ablandadores de agua. Casi todas las reacciones en el metabolismo y la fotosíntesis requieren la hidrólisis de este tripolifosfato hasta su derivado pirofosfato, llamado adenosindifosfato (ADP).

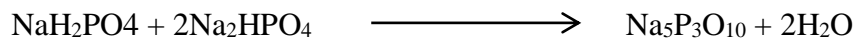
El fósforo en su forma pura es de un color blanco, esta es la forma más peligrosa de fósforo cuando está presente en la naturaleza, puede ser un peligro serio para nuestra salud.



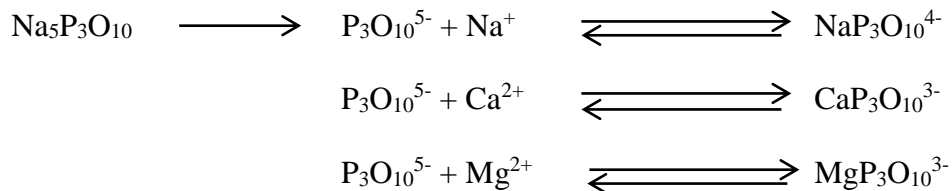
Levadura artificial



Difosfato es el más inerte de los fosfatos



Fosfato en los detergentes



**Referencia bibliográfica:** (LENNTECH, 2015)

Ante este panorama de efectos negativos en la salud de las personas por la exposición a las aguas con altos contenidos de elementos traza como el B, Ba, Fe, Mn, Na, P, respecto al ECA DS 015-2015-MINAM Categoría B1 Recreacional y LMP DS 031-2010-SA, es necesario reorientar el estudio a los elementos traza descritos para buscar la aplicación de tecnologías para la remoción, precipitación, filtración o tratamiento físico químico de los elementos observados, disminuyendo su contenido de acuerdo a los estándares requeridos por la legislación peruana antes del ingreso a las piscinas o fuentes de uso.

Se debe realizar el desarrollo de la ingeniería de procesos mediante la combinación

de estudio teóricos comparativos en plantas pilotos en un laboratorio de tratamiento de agua para desarrollar estimados de rendimiento y criterios de diseño de procesos incluyendo un pre tratamiento químico, oxidación y reducción; precipitación química, cal hidróxido de sodio, hidróxido de manganeso, sulfuro químico; evaluaciones de coagulación y floculación, dimensionamiento de un clarificador, filtración, manejo de lodos, eliminación de sólidos disueltos, tratamiento biológico.

**Resultado 4. Reorientar estudios a implementar un tratamiento físico químico antes de ingresar el agua al sistema de piscinas de los baños geotermales de Monterrey para evitar impactos negativos al medio ambiente.**

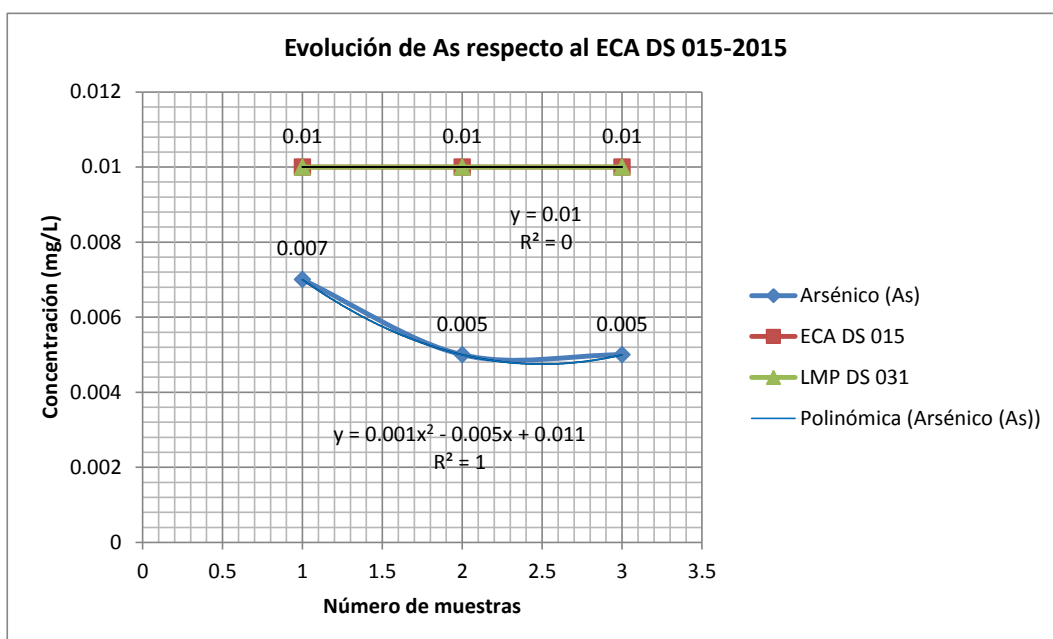
Ante el panorama de efectos adversos en el medio ambiente por la emisión de las aguas con altos contenidos de elementos traza como el B, Ba, Fe, Mn, Na, P, respecto al ECA DS 015-2015-MINAM Categoría B1 Recreacional y LMP DS 031-2010-SA, es necesario reorientar el estudio a los elementos traza descritos para buscar la aplicación de tecnologías para la remoción, precipitación, filtración o tratamiento físico químico de los elementos observados, disminuyendo su contenido de acuerdo a los estándares requeridos por la legislación peruana antes del ingreso a las piscinas y emisión a fuentes de uso ambiental

Se debe realizar el desarrollo de la ingeniería de procesos mediante la combinación de estudio teóricos comparativos en plantas pilotos en un laboratorio de tratamiento de agua para desarrollar estimados de rendimiento y criterios de diseño de procesos incluyendo un pre tratamiento químico, oxidación y reducción; precipitación química, cal hidróxido de sodio, hidróxido de manganeso, sulfuro químico; evaluaciones de coagulación y floculación, dimensionamiento de un clarificador, filtración, manejo de lodos, eliminación de sólidos disueltos, tratamiento biológico.

## V. DISCUSIÓN

De los resultados promedios obtenidos en el análisis químico del laboratorio SAG en las tres muestras (M01, 0.007 mg/L; M02, 0.005 mg/L; M03, 0.005 mg/L), observamos el contenido de arsénico disuelto en agua es menor al estándar de calidad de agua, LMP DS 031 – 2010 –SA Categoría 1; ECA, DS 015 – 2015 MINAM Categoría B1 Recreacional de 0.01 mg/L. (Tabla 6).

**Gráfico 8. Evolución de As en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



Al planteamiento del objetivo principal de evaluación de la presencia de arsénico disuelto en las aguas geotermales de Monterrey, por los resultados del análisis químico observamos la presencia mínima del arsénico disuelto en las agua geotermales de Monterrey, el contenido de arsénico es en cantidad menor de los estándares de calidad exigido por la legislación peruana.

**Esto demuestra que no hay contaminación por arsénico disuelto en las aguas de los baños geotermales de Monterrey.**

En los objetivos específicos observamos evaluar efectos en la salud de las personas usuarias de los baños geotermales de Monterrey, evaluar los efectos ambientales por el vertimiento directo en el río Santa.

Los bajos contenidos de arsénico disuelto en las aguas geotermales en relación a los estándares establecidos, no afectarían la salud de las personas usuarias de este centro terapéutico recreacional, por lo tanto tampoco tendrían un efecto negativo del arsénico en el ambiente por el vertimiento directo al río Santa.

**Se cumple la hipótesis de:** Los baños de aguas geotermales de Monterrey contienen el As en cantidad menor de los estándares de calidad exigido por la legislación peruana.

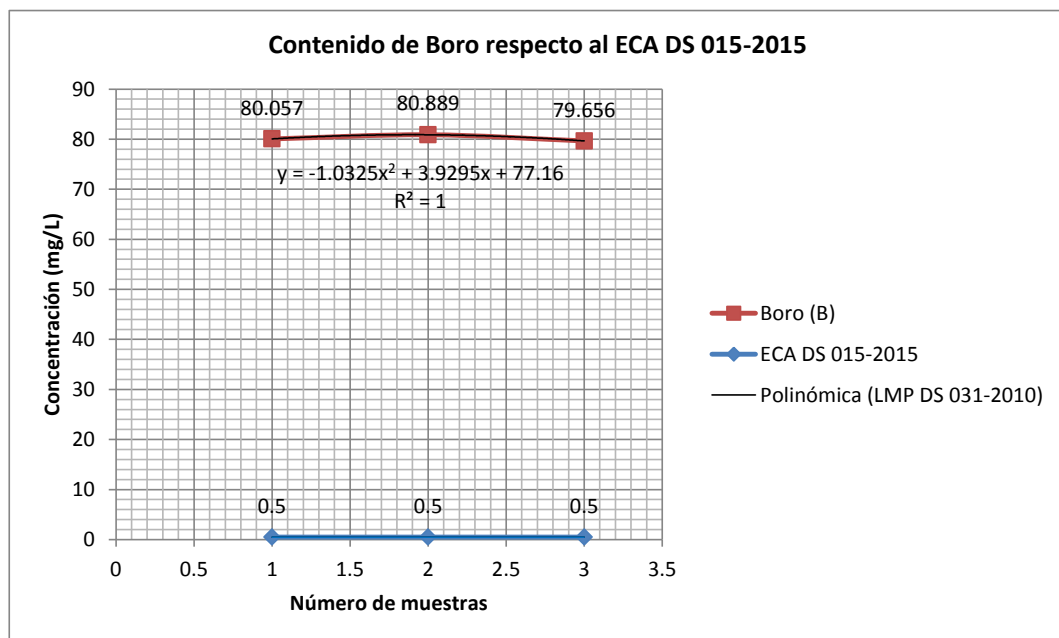
Sin embargo en el mismo resultado de análisis químico de metales observamos altos contenidos de otros elementos traza como el Boro 80.057 mg/L, Bario 1.183 mg/L, Hierro 4.422 mg/L, Manganeso 1.3835mg/L, Sodio >350 mg/L, Fósforo 0.238 mg/L, respecto a los estándares de calidad establecidos en LMP del DS 031 - 2010 – SA Categoría 1 (ver tabla 2)., respecto a los parámetros y valores consolidados ECA, del D.S. 015-2015-MINAM, categoría B1 (ver tabla 4).

Elemento B 0.50 mg/L, Ba 0.70 mg/L, Fe 0.30 mg/L, Mn 0.10 mg/L, Na 300 mg/L, P 0.10 mg/L.

Por el alcance de la tesis respecto a los efectos contaminantes en la salud de las personas y en el medio ambiente por el uso del agua de los baños geotermales de

Monterrey, se realiza la evaluación de cada uno de los elementos descritos, observando que sí existe una afección a la salud de las personal y un efecto adverso en el medio ambiente.

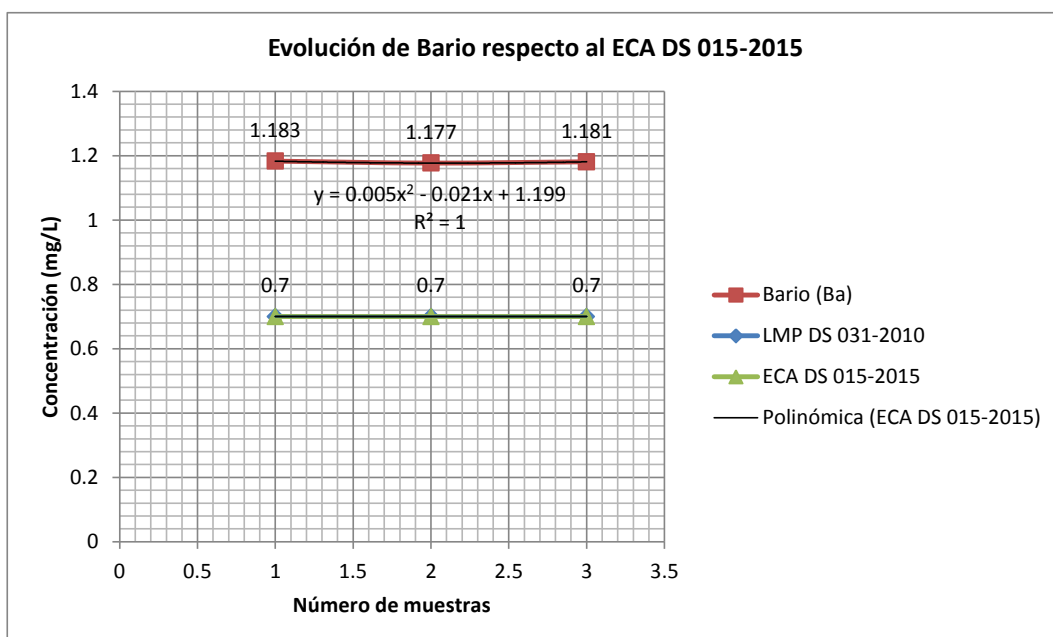
**Gráfico 9. Evolución de Boro en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El elemento Boro de origen volcánico y su reactividad a temperaturas altas, con un alto contenido de 80.057 mg/L respecto al estándar de 0.50 mg/L, se considera dosis tóxica que puede causar un envenenamiento agudo por exposición crónica y problemas de fertilidad; el ingreso al organismo es por vía oral o a través de la piel. Las plantas absorben pequeñas cantidades de boro, grandes concentraciones son tóxicas, por este medio ingresa a la cadena alimenticia.



**Gráfico 10. Evolución de Bario en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**

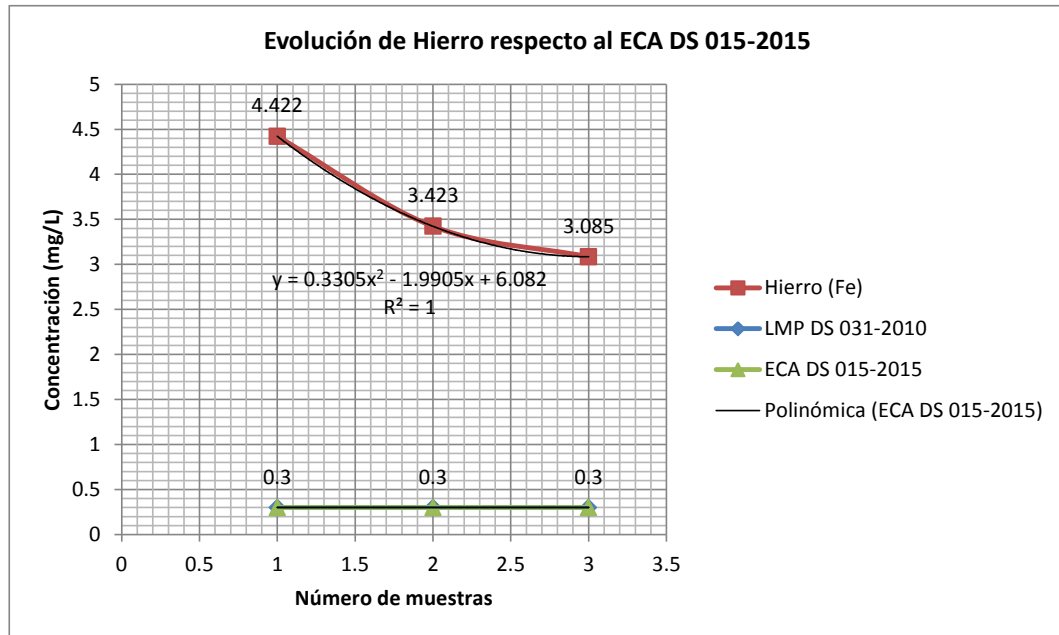


El elemento Bario está presente en 1.183 mg/L respecto al estándar ECA DS 015 – 2015 de 0.70 mg/L. Esta cantidad no es suficientemente alta como para llegar a ser peligroso a la salud, no se ha demostrado que el bario cause cáncer en los seres humanos y no hay pruebas que causen infertilidad.

Industrializado lo utilizamos como veneno para las ratas, el Bario por la característica de gran absorción de rayos x es utilizado como sulfato de bario para cubrir el tubo digestivo.

En lugares donde hay industrias, minas o procesos de refinado la liberación al ambiente son en concentraciones mayores afectando a la vegetación.

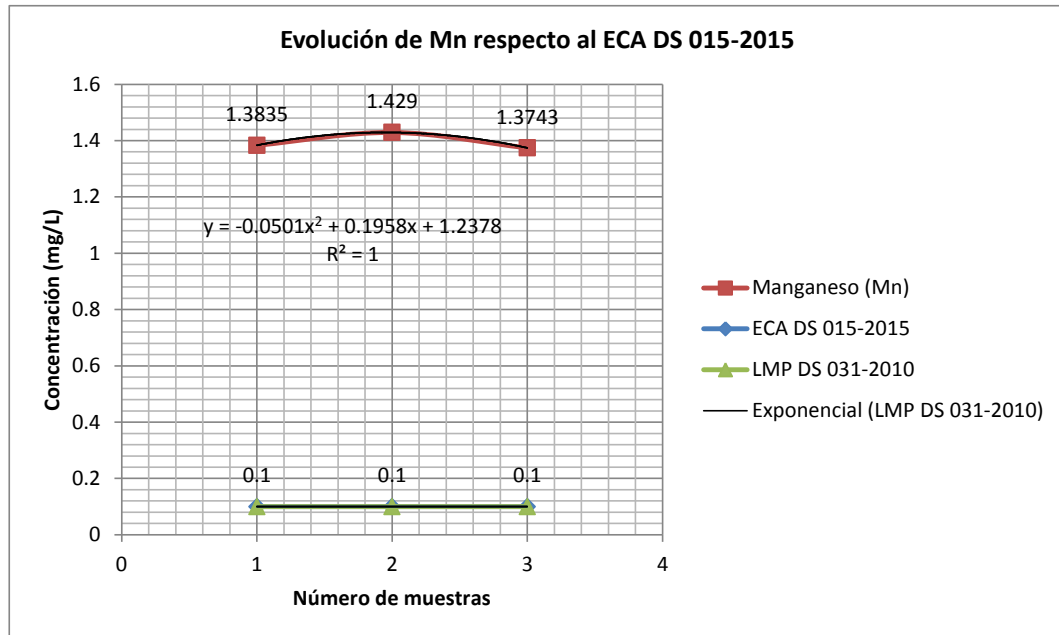
**Gráfico 11. Evolución de Hierro en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El Hierro nos presenta una elevada diferencia, la muestra indica la presencia de 4.422 mg/L y el estándar de calidad ambiental ECA DS 015 – 2015 indica 0.30 mg/L. La presencia de sólidos en suspensión de color marrón rojizo es un complejo de hidróxido que precipita como sólido, sufre el proceso de redisolución y está presente en solución generando su ingestión o ingreso a través de la piel. Se considera efectos negativos como el cáncer al pulmón desarrollado por la neumoconiosis por exposición crónica.

El Hierro III o arsenito pentahidratado es peligroso para las plantas, su presencia en el agua, aire, suelo, es persistente en el medio ambiente.

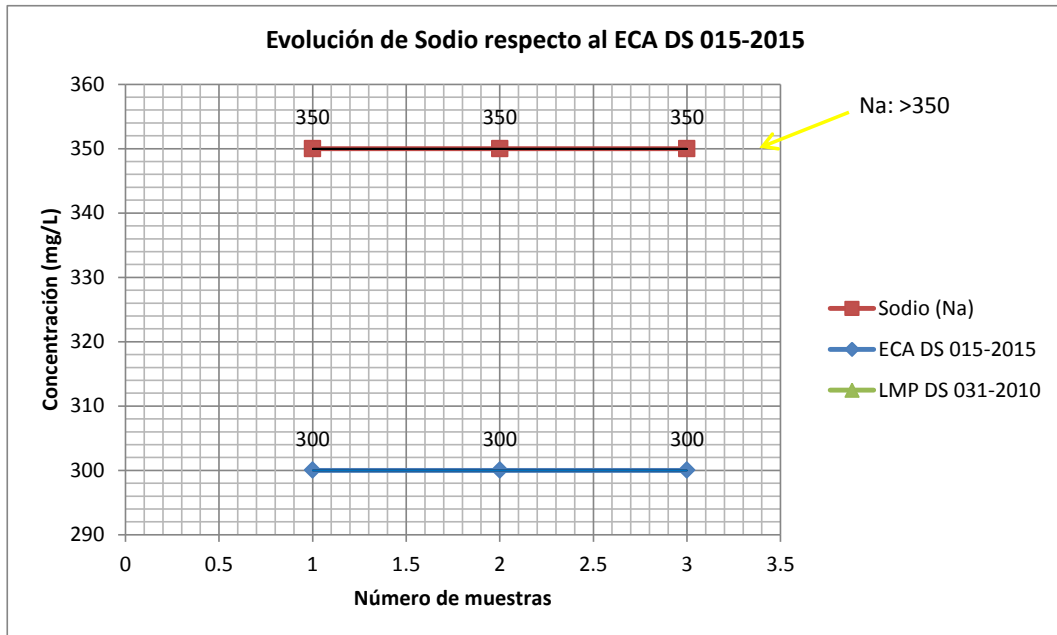
**Gráfico 12. Evolución de Manganeso en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El elemento Manganeso presente en 1.3835 mg/L respecto al estándar ECA DS 015 – 2015 de 0.10 mg/L., es tóxico a elevadas concentraciones y esto ocasiona problemas en la salud como envenenamiento, ingresa al organismo a través de la piel.

Ingresa al suelo por la aplicación de pesticidas, al incrementar las concentraciones de manganeso en el suelo causan perturbaciones en el mecanismo de las plantas, deterioro de la pared celular con abrasamiento de las hojas y aparecen unos puntos marrones en las hojas.

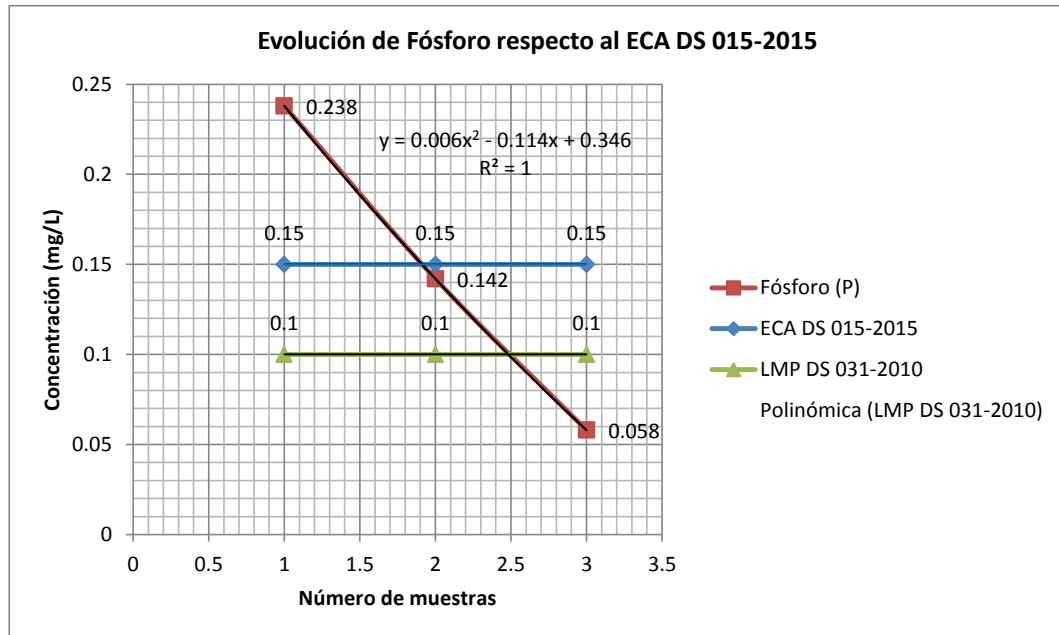
**Gráfico 13. Evolución de Sodio en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El elemento Sodio se presenta con  $>350$  mg/L y el estándar ECA DS 015 – 2015, establece 300 MG/L., la exposición permanente puede incrementar la posibilidad de hipertensión y daño a los riñones. El agua potable contiene alrededor de 50 mg/L.

El sodio es ecotóxico, en su forma de hidróxido de sodio se filtra rápidamente en el suelo con posibilidad de contaminar la reserva de agua para la vegetación.

**Gráfico 14. Evolución de Fósforo en muestras de agua respecto a los estándares, ECA D.S. 015-2015-MINAM, LMP D.S. 031 2010 - SA.**



El elemento Fósforo está presente en 0.238 mg/L respecto al estándar ECA DS 015 – 2015 de 0.15 mg/L, la presencia del fósforo en las aguas geotermales de Monterrey mayor al estándar establecido puede causar daño a los riñones y osteoporosis, en su estado puro es extremadamente venenoso, puede causar quemaduras en la piel, dañar el hígado, corazón, riñones y osteoporosis.

Los organismos como las algas son dependientes del fósforo y en aguas contaminadas con fósforo producen el fenómeno de eutrofización

## VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones finales a las que se ha llegado luego del desarrollo del trabajo son:

1. El resultado del análisis químico de contenido de arsénico disuelto en las muestras de agua geotermal de Monterrey (M01, 0.007 mg/L; M02, 0.005 mg/L; M03, 0.005 mg/L), determina que la presencia de arsénico disuelto es menor en relación del estándar de calidad ambiental ECA DS 015 – 2015, As 0.01 mg/L. Por lo tanto la evaluación de arsénico en las aguas geotermales de Monterrey nos muestra que no hay contaminación por este elemento.
2. Al ser menor la cantidad de arsénico en el agua geotermal de Monterrey, en relación con el estándar de calidad ambiental, podemos afirmar que no existen efectos adversos por este elemento en la salud de las personas usuarias de estos baños geotermales.
3. Por la mínima presencia de arsénico en el agua geotermal de Monterrey, no existen efecto adverso del arsénico en el medio ambiente por el vertimiento directo al rio Santa.
4. Del resultado del análisis de metales totales en las muestras de agua geotermal de Monterrey se han identificado elementos con mayor contenido de lo establecido por el estándar de calidad ambiental ECA DS 015 – 2015, Bo 80.057 mg/L, Ba 1.183 mg/L, Fe 4.422 mg/L, Mn 1.3835 mg/L, Na >350 mg/L, P 0.238 mg/L; que sí afectan la salud de las personas usuarias y tienen efectos adversos moderados en el medio ambiente por el vertimiento directo en el Rio Santa.

5. Actualmente no se reportaron casos de personas afectadas por el uso de estas aguas por la concurrencia periódica a los baños de aguas geotermales de Monterrey.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Reorientar el estudio de Evaluación de la presencia de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey a la evaluación de la presencia de elementos traza contaminantes en las aguas geotermales de Monterrey.
2. Evaluar la implementación de un sistema fisicoquímico de precipitación, remoción, filtración de elementos trazas contaminantes antes del ingreso del agua a las piscinas.
3. Evaluar la implementación de una planta de tratamiento para controlar los contenidos de elementos traza en los niveles del ECA establecidos en el D.S. 015 – 2015 – MINAM, antes del ingreso del agua a las piscinas.
4. La administración actual o propietarios del Centro Recreacional Monterrey deben realizar controles periódicos de los elementos traza contaminante para garantizar el contenido en relación con el ECA establecido para el uso de estas aguas geotermales.
5. La autoridad del agua ANA, debe realizar auditorías y controles anuales o inopinados para garantizar la salud de las personas usuarias y los efectos adversos de contaminación del río Monterrey y el medio ambiente de la cuenca.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FITEC, 9. (1994). "*Congreso Internacional de termalismo Climatismo*". Lima.
- GASQUEZ, L. D. (2005). *Determinacion de Arsenico en aguas: Diferentes tecnicas y metodologias*. Chacabuco: Universidad Nacional de San Luis Chacabuco- Argentina.
- JUICA, I. (2012). "*Plan maestro para el desarrollo de la energia geotermica en el Perú*". Lima.
- KINNIBURGH, P. S. (2001). "*A review od the sourse, behaviour and distribution of arsenic in natural waters*". Oxon: Handling by R Fuge.
- LENNTECH. (2015). *Tabla periódica*. USA Miami Beach: Universidad Técnica de Delft.
- LILLO, J. (2008). "*Peligros geoquimicos: Arsenico de origen natural en las aguas*". Grupo de estudios de mineria y medio ambiente.
- LOAYZA, F. (1975). "*Recursos minero medicinales en Perú*". Lima: Panorama Hidrotermal del Peru.
- OMS. (1993). *Arsenico en aguas superficiales*. Directiva 98/83.
- ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERE, C. F. (2014). "*Metodología de la Investigación Científica*". Mexico: Mac Graw - Hill.
- SALAZAR, J. J. (2010). "*Proteccion del agua, vigilancia y control de vertimientos-PAVER*". Lima: Area de gestion de calidad de agua - ANA.
- SALUD, E. m. (2009). *WWW.el mundo.es/el mundosalud*. España: Unidad editorial internet S.L.
- STEINMULLER, K. &. (1999). "*Aguas termales y minerales en el Norte y Centro del Perú, primera parte*". Lima: Boletin N° 01, Serie D.

YUPANQUI TORRES, E. G. (2006). "*Análisis físico químico de fuentes de agua termo minerales del Callejón de Huaylas*". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

YUPANQUI, E. (2006). "*Análisis Físico químico de fuentes de agua termo minerales del Callejón de Huaylas*". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

ZAPATA, V. (1973). "*Aguas minerales del Perú*". Lima: Boletín N° 02, serie D, INGEMET.

## ANEXOS

- Anexo 1 Panel fotográfico de muestreo en los baños geotermales de Monterrey.
- Anexo 2 Figuras de cáncer de piel causada por la ingestión prolongada de agua con arsénico (Bangladesh)
- Anexo 3 Ubicación de la fuente termal Monterey Huaraz, ubicación de fuentes termo minerales en el departamento de Ancash.
- Anexo 4 Fotografía de emergencia del agua termo mineral en Monterrey
- Anexo 5 Tabla de características de tipos de aguas
- Anexo 6 Tabla de clasificación de las aguas termales
- Anexo 7 Tabla de caracterización de las aguas termo minerales
- Anexo 8 Tabla de principales fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas.
- Anexo 9 Tabla de propiedades físicos químicos de fuentes en el Callejón de Huaylas.
- Anexo 10 Tabla de constituyentes metálicos de fuente termo mineral Monterrey.
- Anexo 11 Tabla de constituyentes no metálicos de fuente termo mineral Monterrey
- Anexo 12 Tabla de gases libres de fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas.

- Anexo 13 Tabla de clasificación de la fuente termo mineral de Monterrey.
- Anexo 14 Tabla de Estándares referenciales para calidad de agua subterránea, CWQG-PAW, estándares Canadienses.
- Anexo 15 Tabla de estándares para calidad de agua superficial continental.
- Anexo 16 Resultados del análisis de metales totales (Método, EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Versión. Determination of Metales and trace Elements in Wáter and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994. del laboratorio SAG. Lima.
- Anexo 17 Matriz de Consistencia.

## ANEXO 1

### Panel fotográfico de muestreo en los baños geotermales de Monterrey.



Fotografía 1, Muestreo en el Punto M01 (Pto., de emergencia del agua)



Fotografía 2, Muestreo en el Punto M02 (Ingreso a piscina intermedia)



Fotografía 3, Muestreo en el Punto M03 (Salida del agua hacia Rio Monterrey)

## ANEXO 2

**Figura 5.** Cáncer de piel causado por la ingestión prolongada de aguas con arsénico  
(Bangladesh)

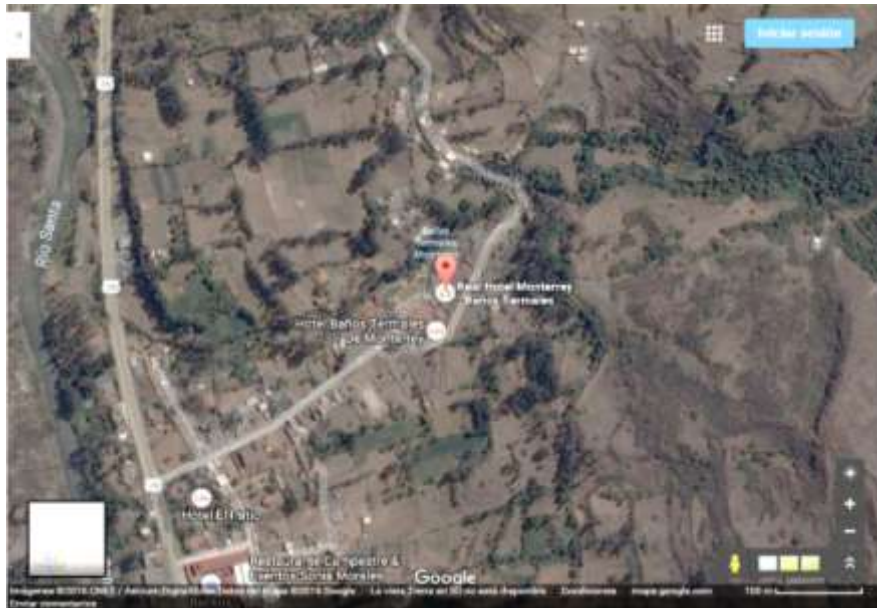
**Cáncer de piel por la ingestión prolongada de agua con arsénico  
(Bangladesh)**



Fuente: [http://phys4.harvard.edu/%7Ewilson/arsenic/pictures/arsenic\\_project\\_pictures2.html](http://phys4.harvard.edu/%7Ewilson/arsenic/pictures/arsenic_project_pictures2.html)).

### ANEXO 3

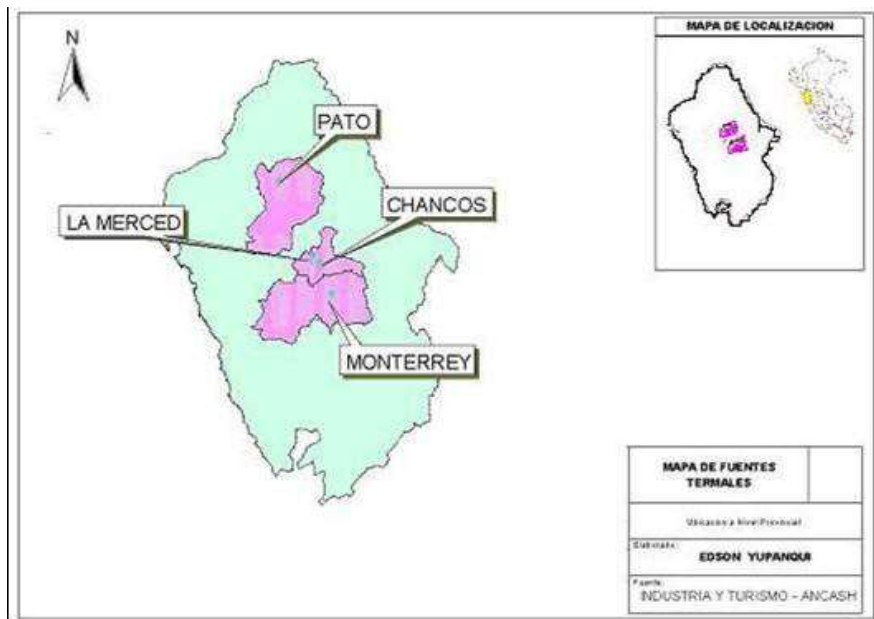
#### Ubicación de la fuente termal Monterrey Huaraz



Fotografía 4, satelital Google maps.

#### Ubicación de fuentes termales en el departamento de Ancash

Figura 6. Ubicación de fuentes termales en el departamento de Ancash.



Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.



## ANEXO 4

### Emergencia del agua termo mineral en Monterrey



Fotografía 5. Emergencia del agua termo mineral en Monterrey.

## ANEXO 5

### Tipos de aguas.

Tabla 8. Características de diversos tipos de aguas

Nombre	Características
Naturales	Proviene de manantiales, ríos, lagos y lagunas, por su composición salina y pureza bacteriana son aptas para el consumo humano.
Termales	Afloran a temperaturas mayores que el promedio anual de la temperatura del ambiente.
Minerales	Con contenido mineral superior de 1 g/L., es común la presencia de los cationes: Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> y K <sup>+</sup> ; y los aniones: Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> y HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .
Minerales gaseosos	Contienen CO <sub>2</sub> en concentraciones adecuadas y pureza que la hacen apta para el consumo humano.
Minero medicinales	Son aguas minerales con altos contenidos de iones comunes y pocos comunes, entre los últimos se tienen al Li <sup>+</sup> , Al <sup>3+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> ; son utilizados en baños, bebidas, inhalaciones y aspersiones con fines terapéuticos.
Termo minerales	Son aguas minerales y termales con aplicaciones terapéuticas.

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 6

### Clasificación de las aguas termales

Tabla 9. Clasificación y características de las aguas termales

Clasificación según	Características y usos
Origen 2	Superficiales y profundas o magmáticas
Temperatura b	Geotermiales o tibias de 21 a 30 °C Termales o calientes de 31 a 50 °C. Hipotermiales o muy calientes, mayores de 50 °C.
Presión osmótica c,a	Hipotónicas, osmolalidad <0,55(*); o <320 mmol Na- y Cl- Isotónicas, osmolalidad = 0,55; o >330 mmol Na_ y Cl- Hipertónicas, osmolalidad >0,55, o >330 mmol Na- y Cl-(**)
Sólidos solubles a 180 °C a	Oligomineralizadas, residuo inferior a 0,2 g/L. Medio mineralizado, residuo entre 0,2 y 1 g/L. Mineralizadas, residuo superior a 1 g/L. -Mineralizada débil, residuo entre 1 a 10 g/L -Mineralizada media; residuo entre 10 a 50 g/L. -Mineralizada fuerte; residuo mayor a 50 g/L.
Emisiones c	Carbónicas, con altos contenidos de CO2 Sulfuradas con contenido mayor a 1 mg/L. de H2S Radioactivas, con radioemisiones mayores a 50 UM/L (***)
Propiedades terapéuticas c	Diuréticas                      Disolventes Depurativas                      Estimulantes Reconstituyentes                      Laxantes Sedantes
Usos c	Bebidas                      Inhalaciones Baños                      Otras formas mixtas Irrigaciones
Elemento calificante con valor terapéutico c	Ferruginosas                      Sulfatadas                      Litinadas Arsenicales                      Fluoruradas                      Bromuradas Bicarbonatadas                      Yodadas                      Potásicas Alumínicas                      Aciduladas
Iones predominantes mayores al 20% de eq. d	Bicarbonatadas – Sódicas                      Cálcidas – Bicarbonatadas – Sulfatadas Bicarbonatadas – Cálcidas                      Sódicas – Cálcidas – Bicarbonatadas Cloruradas – Sódicas                      Cloruradas – Sódicas - Sulfatadas

(\*). Adoptando como valor medio el suero sanguíneo (0,55); (\*\*). mmol/L + milimol/L, p.57(5)

a = Compendio de hidrología médica por armijo, p. 122(1); (\*\*\*) UM/L = Unidades Maclé/L.

b = Reglamento de aguas minero medicinales para fines turísticas (4.11)

c = Panorama hidrotermal del Perú por Loayza, p. 16(2)

d = Aguas minerales del Perú. 1ra parte por Zapata, p. 41 (10)

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 7

### Caracterización de las aguas termo minerales

**Tabla 10. Propiedades, constituyentes y parámetros de aguas termo minerales**

<b>Propiedades y constituyentes</b>	<b>Parámetros evaluados</b>
Físicas y de agregación	Color, olor, sabor, depósito, densidad, temperatura, pH, conductividad iónica, sólidos totales secados a 103-105 °C, sólidos totales disueltos a 180 °C, turbidez, alcalinidad a la fenolftaleína y al anaranjado de metilo, dureza total, cálcica y magnésica, potencial redox y caudal.
Metálicos	Litio, sodio, potasio, plata, magnesio, calcio, cinc, cadmio, manganeso, cobre, plomo, cobalto, hierro y aluminio.
Inorgánicos no metálicos	Fluoruro, cloruro, bromuro, yoduro, bicarbonato, nitrato, carbonato, sulfato y fosfato.
Compuestos no disociados	Silicio como SiO <sub>2</sub> y boro como HBO <sub>2</sub> -
Gases libres	Dióxido de carbono libre, sulfuro de hidrógeno libre.

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 8

**Tabla 11. Principales fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas.**

		<b>El Pato</b>	<b>La Merced</b>	<b>Chancos</b>	<b>Monterrey</b>
Ubicación	Departamento	Ancash	Ancash	Ancash	Ancash
	Provincia	Huaylas	Carhuaz	Carhuaz	Huaraz
	Distrito	Huallanca	Hualcán	Marcará	
	Lugar	Independencia Hacienda El Pato	La Merced	Chancos	Monterrey
Datos Geográficos	Altitud (msnm)	1377	2638	2726	3080
	Latitud Sur	8°49'0"	9°16'45"	9°19'12"	9°30'51"
	Longitud Oeste	77°51'12"	77°38'36"	77°36'9"	77°31'41"
	Zona de vida	md-MBT, per árido	bs-MBT, árido	bs-MBT, árido	bs-MBT,
Datos Climáticos	Temp. Mín. (oC)	18	5	4	5
	Temp. Máx. (oC)	24	24,5	20	21
	Temp. Prom. (oC)	21,5	20	19,5	16,2
	Precip. Pluvial Prom. (mm)	125	300	300	773,7
	Humedad rel. (%)	Nd	60,9-69,9	60,9-69,9	75

Fuente: Inventario del patrimonio turístico de la Región Ancash, 1998 – DRIT.

## ANEXO 9

**Tabla 12. Propiedades físico químicas de las fuentes en el Callejón de Huaylas**

Propiedades	El Pato	La Merced	Chancos	Monterrey
Color (UC)	69,753 ±1,2 %	64,454 ±3,3%	7, 271 ± 0,0 %	72,711 ±1,5 %
Olor	Térreo	Térreo	Terreo	Terreo
Sabor	Salado metálico	Metálico salado	Salado	Salado metálico
Color de sedimento	Amargo Pardo rojizo	Pardo rojizo	Blanco	Pardo rojizo
Densidad (g/ml 15 °C)	1,0039±0,02 %	1,0037±0,00 %	1,0041±0,02%	1,0042±0,00 %
Temperatura (°C)	62,700±1,0 %	39,300 ± 0,6%	66,000±0,8 %	47,033±1,7 %
pH	6,770±0,4 %	6,227 ± 1,0 %	7,390 ± 2,2 %	6,770 ± 1,0 %
Conductividad iónica (mS/m)	144,267 ± 1,1 %	70,067 ± 4,4 %	549,000 ± 0,4 %	559,167 ± 0,5%
ST secado a 105 °C (mg/L)	1018,667±1,5%	562,667±2,0%	3508,000±0,3%	3754,667±0,4%
STD secados a 180 °C (mg/L)	981,333± 1,5%	488,000± 2,0 %	3365,333± 0,3%	3509,333±0,2%
Turbidez (UT)	18,212± 1,0 %	120,275± 3,0%	5,508±3,3 %	57,596± 3,2 %
AF (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	nd	nd	nd	nd
AAM (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	261,333± 1,1 %	240,000± 0.0 %	742,667± 0,4%	408,667± 0,7 %
DT (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	233,333± 0,6 %	136,000± 0,0 %	407,333± 0,7 %	170,667± 0,9%
DCa (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	187,333± 1,5 %	91,333± 1,7 %	340,000± 0,0 %	126,667± 1,2%
DMg (mg/CaCO <sub>3</sub> /L)	46,000± 4,3 %	44,667± 3,4 %	67,333± 4,2 %	44,000± 2,2 %
Potencial redox (mV (UH/ Pt))	387,333± 1,0 %	400,333± 1,0%	362,667± 1,0 %	353,667± 0,8 %
Caudal (L/min)	87,300± 3,9 %	96,300± 3,5 %	95,667± 4,0 %	375,000± 1,0 %

nd: No detectado, concentración inferior al límite de detección (Anexo II.7)

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 10

**Tabla 13. Constituyentes metálicos de fuente termo mineral Monterrey.**

Elemento	Monterrey			
	Mg/L	mmol/L	meq/L	% meq
Li	20,142 ± 1,0%	2,902	2,902	5,128
Na	1052,303 ± 0.8 %	45,773	45,773	80,885
K	165,182 ± 1,0 %	4,225	4,225	7,466
Ag	0,006 ± 0,0 %	<0,001	<0,001	<0,001
Mg	10,694 ± 2,2 %	0,440	0,880	1,555
Ca	50,768 ± 1,2 %	1,267	2,533	4,476
Zn	0,022 ± 0,0 %	<0,001	<0,001	0,001
Cd	0,009 ± 1,1 %	<0,001	<0,001	<0,001
Mn	1,487 ± 0,0 %	0,027	0,054	0,095
Cu	0,019 ± 0,0 %	<0,001	<0,001	0,001
Pb	0,036 ± 1,4 %	<0,001	<0,001	<0,001
Co	0,027 ± 1,4 %	<0,001	<0,001	0,002
Fe	3,150 ± 2,0 %	0,056	0,169	0,299
Al	0,455 ± 1,5 %	0,017	0,051	0,090

Nd = no detectado. Cantidad mínima d expresión de resultados = 0,001

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 11

**Tabla 14. Constituyentes no metálicos de fuente termo mineral Monterrey.**

Elemento	Monterrey			
	Mg/L	mmol/L	meq/L	% meq
F-	1,012 ± 1,9 %	0,053	0,053	0,094
Cl-	1707,650 ± 0.3 %	48,167	48,167	85,233
Br-	1,178 ± 1,7 %	0,015	0,015	0,026
I-	0,156 ± 0,0 %	0,001	0,001	0,002
C-HCO3-	498,573 ± 0,7 %	8,171	8,171	14,459
N-NO3-	1,257 ± 0,4 %	0,020	0,020	0,035
C-CO3 2-	nd	nd	nd	nd
S-SO4 2-	nd	nd	nd	nd
P-PO4 3-	0,160 ± 1,2 %	0,002	0,005	0,009
Si-SiO2	30,474 ± 2,0 %	0,507		
B-HBO2	293,735 ± 1,0 %	6,704		

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.



## ANEXO 12

**Tabla 15. Gases libres de las fuentes termo minerales del Callejón de Huaylas.**

Gas	Monterrey		Chancos	
	Mg/L	Mmol/L	Mg/L	Mmol/L
CO <sub>2</sub>	255,317_1.0%	5.802	165.35 – 3%	3.757
H <sub>2</sub> S	nd	nd	nd	nd

Nd= No detectado

Cantidad mínima de expresión de resultados= 0.001

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 13

**Tabla 16. Clasificación de la fuente termo mineral de Monterrey.**

Fuente	Clasificación
Monterrey	Clorurada - Sódica
	Termal
	Agua mineralizada débil
	Hipotónica

Fuente: Edson Gilmar Yupanqui Torres (2006). PUCP, Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termo minerales del Callejón de Huaylas.

## ANEXO 14

**Tabla 17. Estándares Referenciales para Calidad de Agua Subterránea**

(expresado en mg/l excepto para pH y coliformes) CWQG – PAW,

### Estándares Canadienses

Parámetro	Estándar	
	Óptimo (*)	Acción (**)
pH	6 – 9	<6 >9
Arsénico	0.01	0.060
Bario	0.05	0.625
Cadmio	0.0004	0.006
Cromo	0.001	0.030
Cobalto	0.02	0.100
Cobre	0.015	0.075
Plomo	0.015	0.075
Molibdeno	0.005	0.300
Níquel	0.015	0.075
Mercurio	0.00005	0,0003
Zinc	0.065	0.800
Cianuro libre	0.005	1.500
Tiocianato	0.020	1.500
Benceno	0.0002	0.030
Etilbenceno	0.0002	0.150
Fenoles	0.0002	2.000
Tolueno	0.0002	1.000
Xileno	0.0002	0.070
Aceite mineral	0.050	0.600
Sólidos disueltos totales ***	500	3500
Coliformes fecales (NMP/100ml) ***	100	>100
Coliformes totales (NMP/100ml) ***	1000	>1000

\* Óptimo: Resultados por debajo de estos valores son aceptables.

\*\* Acción: Resultados por encima de estos valores requieren de intervención.

\*\*\* CWQG-PAW, Estándares Canadienses

Fuente: The New Dutchlist. Netherlands

## ANEXO 15

**Tabla 18. Estándares para Calidad de Agua Superficial Continental**

**(en mg/l excepto pH y coliformes) CWQG – PAW, Estándares**

### Canadienses

Parámetro	Conservación del ambiente acuático – Ríos de la Selva (Categoría 4 ECA)	Otros	Referencia
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 9.0 <sup>c</sup>	Guía Canadiense de la Calidad del Agua (*)
Oxígeno disuelto	>= 5	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno	< 10	-	-
Aceites y grasas	Ausencia de película visible	-	-
Fenoles	0.001	-	-
Fósforo total	-	0.15	Estándares de Calidad para Agua Superficial de los Países Bajos (**)
Nitrógeno amoniacal	0.05	-	-
Arsénico	0.05	-	-
Cadmio	0.004	-	-
Plomo	0.001	-	-
Cobre	0.02	-	-
Zinc	0.3	-	-
Mercurio	0.0001	-	-
Aluminio	-	0.1	Guía Canadiense de la Calidad del Agua (*)
Hierro	-	0.3	Guía Canadiense de la Calidad del Agua (*)
Níquel	0.025	-	-
Bario	1	-	-
Cromo VI	0.05	-	-
Coliformes totales (NMP/100 ml)	3000	-	-
Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100 ml)	2000	-	-
Hidrocarburos totales de petróleo (fracción aromática)	Ausente	-	-
Sólidos totales disueltos	500	-	-
Sólidos suspendidos totales	<= 25 - 400	-	-
Fosfatos totales	0.5	-	-
Nitratos	10	-	-
Nitrógeno total	1.6	-	-
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S indisociable)	0.002	-	-
Cianuro libre	0.022	-	-

ECA: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

(\*) Environmental Quality Standards for Surface Water. Netherland. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life Use, 2001.

(\*\*) Environmental Quality Standards for Surface Water. Ministry of Housing Physical Planning and Environment Directorate-General for Environmental Protection, 1991. Netherlands (Países Bajos).

## ANEXO 16

### Tabla 19. Resultado de análisis de metales totales. Laboratorio SAG

**Lima, Informe de Ensayo 093924 - 2015**

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



INACAL  
DA - DaG  
Laboratorio de Pruebas  
Acreditado

Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 093924-2015 CON VALOR OFICIAL**



SAG

**II. RESULTADOS**

Producto declarada	Agua termal	Agua mineral	Agua termal
Muestra analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo	2015-09-29	2015-09-29	2015-09-29
Modo de envío de muestra (R)	11-30	11-45	12-00
Condiciones de la muestra	Refrigerada / enfriada	Refrigerada / enfriada	Refrigerada / enfriada
Código del Cliente	M 01	M 02	M 03
Código del Laboratorio	13082019	13082020	13082021

Ensayo	L.D.R.	Unidades	Resultados		
<b>Metales totales</b>					
Plata (Ag)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	<0.01	0.02	<0.01
Asbénico (As)	0.005	mg/L	<0.005	0.001	0.003
Boro (B)	0.002	mg/L	82.677	86.455	82.442
Bario (Ba)	0.002	mg/L	1.314	1.193	1.196
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0016	0.0019	0.0019
Calcio (Ca)	0.01	mg/L	47.97	51.70	48.70
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cromo (Cr)	0.001	mg/L	0.024	0.034	0.031
Cesio (Cs)	0.0002	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cobalto (Co)	0.0004	mg/L	0.0006	<0.0004	0.0006
Copelo (Cu)	0.001	mg/L	1.679	1.809	1.146
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Plataco (K)	0.04	mg/L	178.67	176.96	176.11
Litio (Li)	0.005	mg/L	19.884	19.841	19.906
Magnasio (Mg)	0.02	mg/L	8.33	8.23	8.17
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	1.4110	1.4218	1.3668
Wolframio (W)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Niobio (Nb)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Niquel (Ni)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Plomo (Pb)	0.001	mg/L	0.158	0.179	0.146
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0034	0.0022	0.0023
Antimonio (Sb)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio (Se)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Stroncio (Sr)	0.01	mg/L	96.31	96.19	96.38
Talio (Tl)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Telurio (Te)	0.001	mg/L	2.118	2.173	2.134
Tiempo (Ti)	0.0003	mg/L	0.0045	0.0034	0.0030
Talio (Tl)	0.001	mg/L	<0.001	0.001	0.001
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	<0.002	0.001	<0.002

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

Lima, 11 de Setiembre del 2015



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

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

Este informe es válido en Perú y está emitido por INACAL, DA

INACAL-DA es el Organismo Peruano de Acreditación (OPAS) del Perú, reconocido por el Gobierno Peruano (MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS) y el Organismo Internacional de Normalización (ISO) a través del Organismo Internacional de Metrología (OIML) y el Organismo Internacional de Normalización (ISO) a través del Organismo Internacional de Metrología (OIML).

Este informe es válido únicamente para el análisis de metales totales en agua natural analizado con un método de 20 metales seleccionados de la lista reportada en la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados para la certificación de conformidad con normas de productos, como certificado de idoneidad de calidad de la actividad que se realiza.

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

Laboratorio: Av. Saenz-Betao 197 - P.O. Box 1000 Lima - Perú | Central Telefónica: (51) 1 425 7277 - 425 5000 - 425 5004 - 425 6041 | FPC: (51) 1 425 4477  
Website: www.sagperu.com | Contacto Electrónico: sag@analiticosgenerales.com | info@analiticosgenerales.com

**Tabla 20. Resultado de análisis de metales totales. Laboratorio SAG**  
**Lima, Informe de Ensayo 130920 – 2019**



**SAG**

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



**INFORME DE ENSAYO N° 130920 - 2019**  
**CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo	2019-01-12	2019-01-12	2019-01-12
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00
Condiciones de la muestra	Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada
Código del Cliente	M01	M02	M03
Código del Laboratorio	19020997	19020998	19020999
Ensayo	L.O.N.	unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.03
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.011
Boro (B)	0.002	mg/L	79.450
Bario (Ba)	0.002	mg/L	1.160
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	0.0021
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	44.60
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0005
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.032
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.0007
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	5.786
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	145.07
Litio (Li)	0.003	mg/L	16.431
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	8.51
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	1.3612
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	>350
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.094
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0048
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	28.09
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	1.971
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0064
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.003

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

Lima, 22 de Febrero del 2019.

*[Firma]*  
 Quim. Belbén Y. Fajardo León  
 C. Q. P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
 WORKING  
 FOR YOU

Cod.: FI (02/Marzo/2019 LE-047/19)

\* El Método aplicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos por este documento solo son válidos para las muestras enviadas en el presente informe. • Los resultados serán conservados de acuerdo al período de conservación de parámetros analizado con un máximo de 30 días de haberse reportado las muestras al Laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para consultar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, rasura o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables podrán ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1965 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Coronada Matto de Toranzo N° 2679 - Lima **Página 2 de 2**

• Central Telefónica (511) 425-8885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com

**SAG**

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




### INFORME DE ENSAYO N° 130920 - 2019 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : YAURI HUAROC EUDES  
**DOMICILIO LEGAL** : JR MANUEL EULOGIO DEL RÍO 1158- SOLEDAD BAJA - HUARAZ - ANCASH - HUARAZ  
**SOLICITADO POR** : YAURI HUAROC EUDES  
**REFERENCIA** : MONITOREO DE ANÁLISIS DE METALES EN AGUA SUPERFICIAL  
**PROCEDENCIA** : HUARAZ  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2019-02-15  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2019-02-19 AL 2019-02-22  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2019-01-12  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	Unidades
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silice(SiO <sub>2</sub> ), Plata, Sodio, Estroncio, Tallo, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4-4, EMMC Version / 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.	mg/L

  
 Quim Belbeth Y. Fajardo León  
 C. Q. P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Codi: FI 02/ Versión: 03/ E: 03/2015

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

EPA: Environmental Protection Agency; ASTM: American Society for Testing and Materials; NTP: Norma Técnica Peruana

**OBSERVACIONES:** • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento, a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de validez del plátano analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para considerar la AUTENTIFICIDAD del presente informe comuníquese al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, hace a cualquier tipo de responsabilidad de la apariencia de este documento en papel y los datos que contiene ser procedidos de acuerdo a los.

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

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clonada Matto de Turner N° 2079 - Lima **Página 1 de 2**  
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

# Tabla 21. Resultado de análisis de metales totales. Laboratorio SAG

## Lima, Informe de Ensayo 131117 - 2019



**SAG**

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



### INFORME DE ENSAYO N° 131117 - 2019 CON VALOR OFICIAL

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo	2019-02-14	2019-02-14	2019-02-14
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00
Condiciones de la muestra	Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada
Código del Cliente	M01	M02	M03
Código del Laboratorio	19021000	19021001	19021002
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.01
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.008
Boro (B)	0.002	mg/L	78.045
Bario (Ba)	0.002	mg/L	1.174
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	0.0015
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	45.63
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.034
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.0007
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	3.801
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	146.15
Litio (Li)	0.003	mg/L	16.284
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	8.23
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	1.3782
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	>350
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.072
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0064
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	28.35
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	1.878
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0064
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.008

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

Lima, 22 de Febrero del 2019.

Quim. Bereth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Doc: FI 02 Versión: 06/F. E:03/2018

\* El Método utilizado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: • Este es sólo la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización expresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas, de acuerdo al periodo de validez del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo: laboratorio@sagperu.com. • Cualquier reproducción no autorizada, basada en la falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y de cobardes sucesos ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2



**SAG**

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



## INFORME DE ENSAYO N° 131117 - 2019 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : YAJURI HUAROC EUDES  
**DOMICILIO LEGAL** : JR MANUEL EULOGIO DEL RÍO 1158- SOLEDAD BAJA - HUARAZ - ANCASH - HUARAZ  
**SOLICITADO POR** : YAJURI HUAROC EUDES  
**REFERENCIA** : MONITOREO DE ANÁLISIS DE METALES EN AGUA SUPERFICIAL  
**PROCEDENCIA** : HUARAZ  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2019-02-15  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2019-02-19 AL 2019-02-22  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2019-02-14  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ

### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silicio(SiO <sub>2</sub> ), Plata, Sodio, Estroncio, Talco, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EPHC Version / 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.	mg/L

  
 Quim Belbeth Y. Fajardo León  
 C.Q.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Doc.: 01-027/Rev.02: 04/11/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

ENL: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials NTP: Norma Técnica Peruana.

**OTRAS INDICACIONES:** • Este informe es la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea todo lo autorizado por escrito de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras deben conservarse en condiciones de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para cualquier AGTIFICACIÓN por presente informe comunicarse al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, tendrá a su favor la responsabilidad del contenido de la presente y de este documento en papel y los datos que pudieran ser generados de acuerdo a lo:

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

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1585 Urb. Chacra Ros Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pisco Clorinda Matto de Turren N° 2079 - Lima **Página 1 de 2**  
 • Central Telefónica (511) 425-6005 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

## ANEXO 17

**“EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE ARSÉNICO DISUELTO EN AGUAS GEOTERMALES DE MONTERREY HUARAZ, ANCASH – EFECTOS EN LA SALUD DE LAS PERSONAS USUARIAS Y AMBIENTALES POR VERTIMIENTO EN EL RIO SANTA”**

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES DE LA INVESTIGACION	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>		
¿La presencia del arsénico y otros elementos contaminantes disueltos en las aguas geotermales de Monterrey tendrían efectos negativos en la salud de las personas usuarias y en el medio ambiente por el vertimiento directo en el río Santa?	Evaluar la presencia de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey, Huaraz, Ancash.	Los baños de aguas geotermales de Monterrey tendrían el As en cantidad menor de los estándares de calidad exigido por la legislación peruana.		1) Tipo de Investigación: Aplicada 2) Nivel de Investigación: Descriptivo, correlacional 3) Diseño de la Investigación: Diseño no experimental, transversales 4) Población y Muestra de Estudio: Población: Número de puntos de monitoreo determinados. En el ingreso del agua, en la fuente, y la salida de la fuente de los baños geotermales de Monterrey.
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>	1) Variable Independiente (X) “Arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey - Huaraz” Indicadores • Cantidad de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey • Cantidad de otros elementos contaminantes en aguas geotermales de Monterrey 2) Variable dependiente (Y) “Evaluación de arsénico disuelto en aguas geotermales de Monterrey - Huaraz” Indicadores • Resultados del proceso de evaluación.	5) Técnicas: Análisis de metales totales (Método, EPA Method 200.7, recopilación de información y comparación con estándares ambientales nacionales para determinar contenido de arsénico y otros elementos contaminantes. Instrumentos: Información de análisis químico de las aguas geotermales de Monterrey. Información del marco legal ambiental ECAS, DS 015-2015-MINAM; DS 031 2010 SA LMP.
1. ¿Estará el contenido de arsénico y otros elementos contaminantes por debajo de los parámetros exigidos por la legislación ambiental peruana para evitar efectos negativos en la salud de las personas usuarias?	1. Evaluar los efectos del arsénico y otros elementos contaminantes traza disueltos en las aguas geotermales de Monterrey en la salud de las personas usuarias de los baños geotermales de Monterrey.	1. Con los resultados del análisis químico del arsénico y otros elementos contaminantes en las aguas de Monterrey se podrá comparar con los parámetros exigidos en la legislación ambiental peruana y determinar los efectos negativos en la salud de las personas usuarias.		
2. ¿Estará el contenido de arsénico y otros elementos contaminantes por debajo de los parámetros exigidos por la legislación ambiental peruana para evitar efectos negativos ambientales por el vertimiento en el río Santa?	2. Evaluar los efectos ambientales por el vertimiento directo de las aguas de Monterrey en el río Santa con contenido de arsénico y otros elementos traza. 3. Reorientar estudios a implementar un tratamiento físico químico antes de ingresar el agua al sistema de piscinas de los baños geotermales de Monterrey para preservar la salud de las personas. 4. Reorientar estudios a implementar un tratamiento físico químico antes de ingresar el agua al sistema de piscinas de los baños geotermales de Monterrey para evitar impactos negativos al medio ambiente.	2. Con los resultados del análisis químico del arsénico y otros elementos contaminantes en las aguas de Monterrey, se podrá comparar con los parámetros exigidos en la legislación ambiental peruana y determinar los efectos negativos ambientales por el vertimiento en el río Santa.		