

Compilatio informa de las tasas de similitudes recuperadas. No son tasas de plagio. La puntuación por sí sola no permite interpretar si las similitudes encontradas son plagiadas o no. Consulte el informe de análisis detallado para interpretar el resultado.

Similitudes del documento :

 16%

Similitudes de las partes 1 :

 14%

## ANALIZADO EN LA CUENTA

Apellido :	De Ingeniería y Gestión
Nombre :	Facultad
E-mail :	fig@untels.edu.pe
Carpeta :	V PROGRAMA TSP AMBIENTAL

## INFORMACIÓN SOBRE EL DOCUMENTO

Autor(es) :	No disponible
Título :	Tsp final orozco garcia.pdf
Descripción :	No disponible
Analizado el :	13/01/2022 23:02
ID Documento :	xnjhm24a
Nombre del archivo :	TSP FINAL OROZCO GARCIA.pdf
Tipo de archivo :	pdf
Número de palabras :	6 138
Número de caracteres :	38 634
Tamaño original del archivo (kB) :	2 069.42
Tipo de carga :	Entrega manual de los trabajos
Cargado el :	13/01/2022 22:38

## FUENTES ENCONTRADAS

 Fuentes muy probables :	10 fuentes
 Fuentes poco probables :	26 fuentes
 Fuentes accidentales :	34 fuentes
 Fuentes descartadas :	0 fuente

## SIMILITUDES ENCONTRADAS EN ESTE

## DOCUMENTO/ESTA PARTE

Similitudes idénticas :	9%
Similitudes supuestas :	4%
Similitudes accidentales :	<1%

## TOP DE FUENTES PROBABLES - ENTRE LAS FUENTES PROBABLES

Fuentes	Similitud
1.  <a href="http://dialnet.unirioja.es/.../articulo/5381221.pdf">dialnet.unirioja.es/.../articulo/5381221.pdf</a>	 6%
2.  <a href="http://dialnet.unirioja.es/.../articulo/7943101.pdf">dialnet.unirioja.es/.../articulo/7943101.pdf</a>	 3%
3.  Fuente Compilatio.net idsqn62m	 2%



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (  )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: <b>OROZCO GARCIA SARA MILENE</b>
D.N.I.: <b>74811103</b>
Otro Documento:
Nacionalidad: <b>PERUANA</b>
Teléfono: <b>926 797 756</b>
e-mail: <b>2014200240@UNTELS.EDU.PE</b>

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y GESTION</b>
Programa Académico: <b>TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b>
Título Profesional otorgado: <b>INGENIERO AMBIENTAL</b>

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: <b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PRESENTES EN EL AGUA DE NIEBLA A CUATRO ALTITUDES DISTINTAS DE LAS LOMAS DE LACHAY AÑO 2018</b>
Fecha de Sustentación: <b>JUEVES 16 DE DICIEMBRE DE 2021</b>
Calificación: <b>APROBADO DE UNANIMIDAD</b>
Año de Publicación: <b>2023</b>

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	<input checked="" type="checkbox"/>

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	<input type="checkbox"/>
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	<input type="checkbox"/>
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	<input type="checkbox"/>

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

**OROZCO GARCIA SARA MILENE**

APELLIDOS Y NOMBRES

**74811103**

DNI

Firma y huella:



Lima, 07 de JULIO del 20 23

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PRESENTES EN EL AGUA DE NIEBLA A CUATRO ALTITUDES DISTINTAS DE LAS LOMAS DE LACHAY AÑO 2018”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

OROZCO GARCIA, SARA MILENE

ORCID: 0009-0003-1440-7493

**ASESOR**

VILCHEZ OCHOA, GUILLERMO LORENZO

ORCID: 0000-0002-3792-0092

**Villa El Salvador**

**2021**



V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional Facultad de  
Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Villa El Salvador siendo las 17:45 horas y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron en la Sala Virtual N° 01 vía <https://meet.google.com/rkk-hjsn-fyb> Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	: Mg. CARMEN LUISA AQUIJE DAPOZZO	CBP N° 03499
Secretario	: Mg. EDGAR AVELINO MARCELINO TARMEÑO	CIP N° 189149
Vocal	: MSc. ALEX SEGUNDINO ARMAS BLANCAS	CIP N° 42125

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 437-2021-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 14 de diciembre de 2021.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 126-2021-UNTELS de fecha 06 de agosto de 2021, en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El bachiller: **OROZCO GARCIA SARA MILENE**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional:

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle: **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PRESENTES EN EL AGUA DE NIEBLA A CUATRO ALTITUDES DISTINTAS DE LAS LOMAS DE LACHAY AÑO 2018**

Condición **APROBADO DE UNANIMIDAD** con nota **CATORCE** Equivalente **BUENO** De acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 18:25 horas del día jueves 16 de diciembre de 2021, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente Acta los miembros del Jurado.

  
**SECRETARIO**  
Mg. MARCELINO TARMEÑO, EDGAR AVELINO  
CIP N° 189149

  
**PRESIDENTA**  
Mg. AQUIJE DAPOZZO CARMEN LUISA  
CBP N° 03499

  
**VOCAL**  
MSc. ARMAS BLANCAS, ALEX SEGUNDINO  
CIP N° 42125.

Nota: Art. 17°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación Procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del Jurado asumirá la presidencia el docente de mayor categoría. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada para el día hábil siguiente.

## **DEDICATORIA**

A mi familia, a mis padres, por darme el soporte necesario para cumplir con mis metas. A mis hermanos, porque hemos aprendido a hacer un equipo y nos apoyamos mutuamente. En especial, a mi abuela, por su gran entereza y su afecto para con los suyos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Contexto	1
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo	2
1.2.1. Delimitación temporal	2
1.2.2. Delimitación espacial	2
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
	iii

CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes	6
2.1.1 Antecedentes nacionales	6
2.1.2 Antecedentes internacionales	8
2.2 Bases teóricas:	11
2.2.1 Niebla	11
2.2.2 Origen de la niebla	11
2.2.3 Estación Climática Ordinaria – Lachay	13
2.2.4 Atrapanieblas y neblinómetros	14
2.2.5 Experiencia en diferentes proyectos de captación de agua de niebla en el mundo.	17
2.2.6 Calidad de agua	19
2.2.7 Calidad de agua de niebla	19
2.2.8 Especies químicas presentes en el agua de niebla	19

2.2.9	Fuentes de contaminación atmosférica	22
2.2.10	Lomas costeras	23
2.3	Definición de términos básicos:	25
2.3.1	Agua atmosférica	25
2.3.2	Humedad atmosférica	25
2.3.3	Metales pesados	26
2.3.4	ECA	27
2.3.5	Contaminación (de las fuentes de agua)	27
2.3.6	Uso del agua	28
2.3.7	Ecosistemas de Lomas	28
2.3.8	Área de estudio	28
2.3.9	Área de influencia	29
2.3.10	Neblinómetro CAAN (Calidad ambiental del agua de niebla)	29
2.3.11	Área de captación (del neblinómetro)	30
2.3.12	Ensayo ICP-MS	30

CAPÍTULO III	31
DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	31
3.1. Determinación y análisis del problema:	31
3.2. Modelo de solución propuesto	32
3.2.1. Descripción de la metodología	33
3.3 Resultados	37
3.3.1. Resultados de análisis de calidad de agua de niebla	41
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	60
Anexo 1. Normativa peruana-ECA para agua destinada para consumo humano	60
Anexo 2. Resultados de laboratorio	61
Anexo 3. Límite de detección del ICP-MS	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ubicación de los neblinómetros instalados en Lomas de Lachay.</i>	35
Tabla 2 <i>Periodos de muestreo del agua de niebla</i>	35
Tabla 3 <i>Resultados de laboratorio</i>	38
Tabla 4 <i>Resultado del primer periodo de muestreo</i>	39
Tabla 5 <i>Resultado del segundo periodo de muestreo</i>	39
Tabla 6 <i>Resultado del tercer periodo de muestreo</i>	40
Tabla 7 <i>Resultado del cuarto periodo de muestreo</i>	40
Tabla 8 <i>Promedios de los resultados</i>	41
Tabla 9 <i>Aluminio en el agua de niebla</i>	42
Tabla 10 <i>Arsénico en el agua de niebla</i>	44
Tabla 11 <i>Cadmio en el agua de niebla</i>	46
Tabla 12 <i>Hierro en el agua de niebla</i>	48
Tabla 13 <i>Plomo en el agua de niebla</i>	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio al interior de las Lomas de Lachay	4
Figura 2: Formación de niebla.	11
Figura 3: Estación Climática Ordinaria – Lachay	14
Figura 4: Los dos primeros neblinómetros utilizados en los inicios de las investigaciones de la niebla, en Chile.	15
Figura 5: Neblinómetro estándar.	16
Figura 6: Neblinómetro CAAN-SUMPA 2018	17
Figura 7: Cuadro resumen de experiencias en diferentes proyectos de captación de agua de niebla en el mundo.	18
Figura 8: Estación LAC-01.	36
Figura 9: Concentraciones de Al respecto al ECA	43
Figura 10: Concentraciones de As respecto al ECA	45
Figura 11: Concentraciones de Cd respecto al ECA	47
Figura 12: Concentraciones de Fe respecto al ECA	49
Figura 13: Concentraciones de Pb respecto al ECA	52

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, realizado en colaboración con la consultora SUMPA dentro del marco del proyecto Niebla, consistió en determinar el contenido de metales tóxicos: Al, As, Cd, Fe y Pb presentes en el agua de niebla a cuatro altitudes distintas al interior de las Lomas de Lachay durante el periodo de octubre a noviembre de 2018.

En el marco del desarrollo de la investigación, se realizó la instalación y captación de agua a través de neblinómetros CAAN (calidad ambiental del agua de niebla), en cual fue diseñado por la consultora, con el fin de eliminar cualquier parte metálica que pueda contaminar la muestra del agua de niebla. El área de captación fue de 0,25 m<sup>2</sup>. Los neblinómetros fueron colocados en las siguientes altitudes: 588 m.s.n.m (LAC 01), 440 m.s.n.m (LAC 02), 310 m.s.n.m (LAC 03) y 180 m.s.n.m (LAC 04). Durante los meses de agosto, setiembre y octubre se obtuvieron cuatro muestras de agua de niebla de cada estación, obteniendo en total 16 muestras que fueron llevadas a analizar en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). El análisis de concentración de metales fue desarrollada mediante la espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Los resultados fueron confrontados con los valores referenciales establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM - Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA-agua) en la categoría 1A.

En los resultados evaluados se determinó que los promedios de los cinco metales evaluados superan los valores referenciales del ECA-agua, categoría 1, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. El plomo con un promedio de 0.250 mg/L, supera en más de 25 veces el ECA. Seguido del cadmio con un promedio de 0.042 mg/L

supera en más de 14 veces el ECA. Luego el arsénico y hierro superan en más de tres veces el ECA, con un promedio de 0.03319 mg/L y 1.0257 mg/L respectivamente. Finalmente, el aluminio supera ligeramente el ECA, con un promedio de 1,174 mg/L. Los valores más altos de contenidos de metales fueron encontrados en la estación LAC-04 ubicada a 180 m.s.n.m, seguido de la estación LAC 03, las cual fue instalada a 310 m.s.n.m. Lo cual se puede atribuir a la actividad antrópica presente en la zona sin descartar que también se pueden relacionar a las fuentes naturales y meteorológicas (dirección del viento). Por tal motivo, el agua de niebla de las Lomas de Lachay no es un potencial de generación de agua para las actividades agrícolas de la zona ni mucho menos fuente para consumo humano y requiere un tratamiento para reducir las concentraciones de metales que representan un riesgo para la salud. Asimismo, se recomienda mantener un monitoreo mensual de las concentraciones de metales presentes en el agua atmosférica (niebla y rocío) y en el aire con el fin de salvaguardar la salud de los guardaparques y visitantes.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más de 1.100 millones de personas en el mundo carecen de agua potable y 31 países padecen escasez de ella y dos de cada cinco personas no cuentan con instalaciones adecuadas de saneamiento (PNUD, 2018). A esta situación, se suma que el consumo de agua contaminada y la falta de acceso a servicios mejorados de saneamiento, está relacionada a más de 4.000 muertes prematuras al año en América Latina. Entre las enfermedades que provocan estos decesos figura en primer lugar la diarrea entre las cinco primeras causas de enfermedades por el consumo de agua contaminada. Pero eso no es todo, la exposición prolongada a agua contaminada con plaguicidas, metales, antibióticos y residuos radiactivos se asocia a cánceres, fallas renales, problemas cognitivos y otras enfermedades no transmisibles (OMS, 2013).

Ante esta problemática, se han buscado aplicar tecnologías de recolección de agua en las zonas periurbanas. Una de ellas es posible mediante el aprovechamiento del agua atmosférica a través de atrapanieblas (MINAM, 2014). En la década de 1980 iniciaron las primeras iniciativas de aplicación de estas tecnología ecológica y económica al interior de la Reserva Nacional de Lachay. Desde entonces se ha dado uso al agua colectada y se ha registrado el volumen de esta en algunos periodos, pero sin la evidencia de alguna evaluación de la calidad de agua de este recurso.

En el año 2015, la consultora Sumpa inicia las actividades del Proyecto Niebla en el distrito Ventanilla, provincia Callao, evaluando el volumen de agua generado a partir del agua de niebla y analizando parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad ambiental de este recurso hídrico. Los primeros resultados mostraron que, de todos los parámetros evaluados, la concentración de metales en el agua de niebla era el de mayor preocupación. Por tales razones, mediante este

trabajo se determinó y evaluó la calidad ambiental del agua de niebla de dentro de la Reserva Nacional de Lachay con la finalidad de conocer su uso potencial como fuente de agua en beneficio de las zonas aledañas.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Contexto

El presente estudio se desarrolló al interior de la Reserva Nacional de Lachay, el cual contiene un ecosistema de lomas. El agua es un recurso muy escaso en este ecosistema. Esta proviene de las neblinas, precipitando en forma de llovizna o garúa principalmente en los meses de junio a setiembre, época de máxima incidencia de neblinas. En la reserva, con fines educativos ambiental y de recuperación de áreas degradadas, en el año 2008 instaló 192 m<sup>2</sup> de mallas Rashell para la captura de agua de neblinas en la zona de Alto Capillas, habiéndose capturado del año 2009 al 2012 403.26 m<sup>3</sup> de agua de niebla. Siendo el año 2011 en donde se produjo la mayor captura de agua 258.82 y el 2012 año de menor captura con 20.41 m<sup>3</sup>.

La consultora Sumpa cuenta con una iniciativa denominada El Proyecto Niebla, una iniciativa del área de Innovación. La empresa inicia las actividades del Proyecto Niebla en el distrito Ventanilla, provincia Callao, evaluando el volumen de agua generado a partir del agua de niebla y analizando parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad ambiental de este recurso hídrico. Los primeros resultados mostraron que, de todos los parámetros evaluados, la concentración de metales en el agua de niebla era el de mayor preocupación. Teniendo en cuenta este antecedente, se decidió evaluar la concentración de metales del agua de niebla en las Lomas de Lachay para conocer su potencial de uso como recurso.

## **1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

### **1.2.1. Delimitación temporal**

El clima de las lomas es estacional, con lloviznas invernales llamada época húmeda ocurrida durante los meses de junio a octubre que favorecen el desarrollo de la vegetación y la estación seca que se inicia desde enero hasta mayo. La humedad relativa durante este la época húmeda supera permanentemente el 95%. Por el contrario, en el periodo seco la precipitación es escasa o casi nula, la humedad relativa es baja (79 a 82%) y se presentan las mayores temperaturas medias mensuales del año. (SERNANP, 2018)

El estudio fue realizado durante los meses de octubre y noviembre del año 2018 con el fin de evaluar el fin de época húmeda (mes de octubre) y transición a la época seca (meses noviembre y diciembre)

### **1.2.2. Delimitación espacial**

El presente trabajo de suficiencia se basó en la evaluación de la calidad de agua de niebla al interior de la Reserva Nacional de Lachay, que es un área natural protegida (ANP) ubicada a 105 kilómetros al norte de Lima en las provincias de Huaura y Huaral. En la reserva ocurre el ecosistema de lomas, el cuales frágil y alberga una alta diversidad de fauna y flora. Cabe destacar que el ANP no tiene población alguna en su zona de amortiguamiento, sin embargo, se estima que la Reserva Nacional de Lachay tienen influencia sobre una población aproximada de 185,998 habitantes, distribuidos en cuatro distritos: Chancay, Huaral, Huacho y Sayán. El área de estudio se determinó al interior de las Lomas de Lachay dentro del cual se ubicaron los cuatro neblinómetros. (ver figura 1),

La parte experimental del presente trabajo se llevaron a cabo en los laboratorios de la empresa SGS en el distrito de San Miguel, Lima, en donde se evaluaron las muestras de agua recolectadas.

-

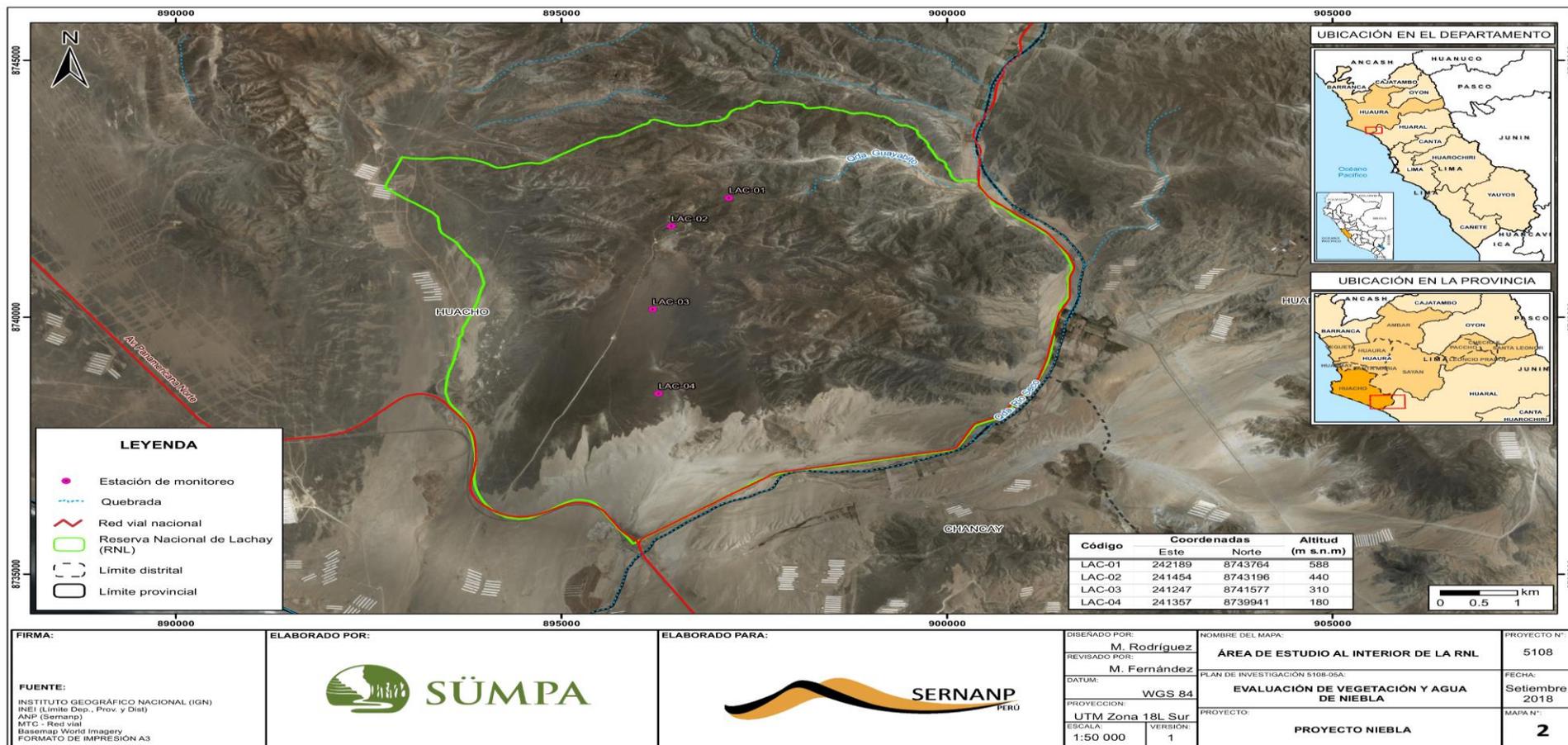


Figura 1: Área de estudio al interior de las Lomas de Lachay

Fuente: SUMPA, 2018

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el contenido de Al, As, Cd, Fe y Pb presentes en el agua de niebla a cuatro altitudes distintas de las Lomas de Lachay durante el periodo de octubre a noviembre de 2018.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

-Caracterizar la concentración de Al, As, Cd, Fe y Pb presentes en el agua de niebla a cuatro altitudes distintas dentro de las Lomas de Lachay.

-Evaluar la calidad ambiental y el uso potencial del agua de niebla recolectada de las Lomas de Lachay.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

Según la revisión bibliográfica realizada respecto a los metales tóxicos en el agua de niebla, son las siguientes:

Sierra, N. (2019), realizó la tesis titulada: “Evaluación de fuentes de emisión de metales tóxicos en las partículas y agua de niebla en las Lomas de Asia”, en la Universidad Nacional Agraria de La Molina. El trabajo de investigación concluyó que las Partículas Sólidas Sedimentables (PTSe) del aire ambiental de las Lomas de Asia en el distrito de Asia, presenta metales tóxicos como Al, As y Fe, y que no se pudo determinar la presencia de Cd y Pb debido a los límites de la técnica utilizada para el análisis. En cuanto a las fuentes de emisión de metales tóxicos, refiere que la principal fuente de contaminación atmosférica de Al y Fe es el arrastre y resuspensión de partículas del suelo en las Lomas. Asimismo, las fuentes de contaminación de As podrían ser el uso de fertilizantes fosfatados en los cultivos de Asia y la quema de residuos al aire libre. Para el Cd, se encontró que las emisiones vehiculares podrían ser la principal fuente de este metal. Por último, se determinó que la presencia de Pb podría deberse a la quema de leña y el material de construcción que es dejado en las carreteras sin ninguna barrera contra el viento. En referencia a la evaluación de la calidad ambiental del agua de niebla en dos gradientes altitudinales distintas manifestó que la composición fisicoquímica del agua de niebla evidencia que existe un alto contenido de sales en el agua de niebla, además la estación ASI-04, ubicada a 440 msnm, presenta condiciones de calidad más bajas que las de la estación ASI-03, ubicada a 580 msnm. A su vez, el análisis de la

composición inorgánica muestra que los metales As, Cd y Pb presentan una concentración mayor a los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Agua, para la categoría 1, subcategoría A1.

Pérez, L. (2019), realizó la tesis titulada: “Captación de agua de niebla y análisis de la calidad para consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Pachacútec - Ventanilla, 2016”, en la Universidad Científica del Sur. La investigación indicó que el neblinómetro que recolectó mayor cantidad de agua fue el que se instaló para captar los vientos provenientes del sur. No obstante, no se encontró diferencia significativa entre los tres neblinómetros, por lo tanto se puede colocar los neblinómetros en cualquiera de las tres direcciones estudiadas. Asimismo, que los meses donde se captó mayores volúmenes de agua fueron en junio, julio, agosto y septiembre. Esto puede explicarse debido a que, en dichos meses, la temperatura es menor. Como se sabe, la temperatura se incrementa en primavera y verano, mientras que la humedad disminuye, por lo que la presencia de niebla también disminuye. Finalmente, refiere que el agua captada durante el periodo de muestreo no es apta para consumo humano directo, debido a que los parámetros (pH, turbiedad, coliformes totales y coliformes fecales) excedieron el Límite Máximo Permisible, señalado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, a excepción de la conductividad eléctrica.

La Torre, M. (2018), realizó la tesis titulada: “Potencial de uso del agua de neblina colectada por atrapanieblas tipo estándar para riego de vegetales en el distrito de Ventanilla- Callao”, en la Universidad Nacional Agraria de La Molina. El trabajo de investigación concluyó que el volumen captado de agua de neblina en la zona del AA.HH. Leandra Ortega fue de 263.731 litros durante los 5 meses acumulados (junio a octubre); en el AA.HH. Los Olivos de la Paz con 60.307 litros durante los 5 meses

acumulados (junio a octubre); y en el AA.HH. Lomas de Ventanilla Alta con 8.288 litros durante los 5 meses acumulados (junio a octubre), todos en 1 m<sup>2</sup> de neblinómetro. Tales volúmenes capturados no son suficientes para abastecer los requerimientos hídricos de un cultivo de metro cuadrado por lo que no se recomienda su uso, por ser ineficiente. También indica que el uso de las aguas de niebla para el riego de vegetales captada en esta zona no puede ser de manera directa ya que no se cumple la norma ECA - Agua Categoría 3 vigente en parámetros como coliformes totales, bacterias heterotróficas, en cuanto al valor mínimo de temperatura, al valor mínimo de pH, turbiedad, conductividad y salinidad.

### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

Según la revisión bibliográfica realizada respecto a la evaluación del agua de niebla, son las siguientes:

Baquero, et al., (2018), llevaron a cabo la investigación: “Evaluación de la calidad de agua de niebla recolectada en Choachí, Colombia”, en la Universidad Central de Colombia. Las autoras indicaron que para el diseño del atrapaniebla se revisaron diferentes modelos utilizados, la estructura seleccionada fue la huella hexagonal, la cual se realizó de tal manera que en el futuro se logrará replicar sin requerir altos costos, con materiales que no afecten la calidad de agua que se captará. Cada panel tiene 2 m<sup>2</sup> de área elaborados en guadua planta autónoma de la zona, inmunizada para prevenir todo ataque biológico. El captador se instaló durante los meses de abril y mayo de 2018. Este se encuentra elevado a 2,40 m de altura. Su estructura hexagonal permite una mayor resistencia a los vientos y mayor permanencia de la niebla. Asimismo, indicaron que los parámetros probados en este estudio fueron fisicoquímicos y microbiológicos, asimismo metales como manganeso (Mn), zinc (Zn) y aluminio (Al) mediante

espectrofotometría de absorción atómica. Además, señalan que obtienen como resultado de captación ascendente a 10,01 litros de agua diarios, que corresponde al 10 % de la dotación neta especificada en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Los resultados obtenidos permiten determinar que la calidad del agua de niebla no representa riesgos para la salud y no requiere de un tratamiento complejo.

Jofre-Meléndez et al. (2015), en el artículo de investigación titulado: “Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México: resultados preliminares”, en la Universidad Veracruzana, Xelapa en México, en referencia a la metodología desarrollada, refieren que se instalaron dos captadores como el descrito en el sitio de estudio, ubicando sus bases a una altura de 1.5 m de la superficie del suelo y perpendicularmente a la dirección dominante del viento (N-NE). Cerca de los captadores, pero en un área totalmente despejada, a una altura de 1.5 m, se instaló un pluviómetro tipo balancín provisto de un microsistema de adquisición de datos (UA-003-64, HOBO, Bourne MA), para registrar la posible presencia de lluvia y sólo tomar en cuenta las muestras que no contenían este tipo de agua. También se instaló un captador de agua de la niebla tipo arpa, para medir independientemente la cantidad de agua capturada en cada muestreo, consistente de un cuadrado de 60x60 cm, con hilo sedal número 80, con una separación de 2 mm entre hilos, presentando un área efectiva de captación de 0.36 m<sup>2</sup>. Asimismo, concluyen que el estudio concluye que el agua de la niebla que se captó durante el periodo de muestreo puede ser utilizada como agua de riego sin necesidad de recibir algún tratamiento, pero para que pueda utilizarse en el consumo humano debe someterse a tratamientos de purificación con un costo muy alto comparado con la que suministra el municipio a la población.

Vásquez et al., (2012), en el artículo de investigación titulado: “Composición química del agua de lluvia y de niebla recolectada en la

reserva biológica Monteverde”, en la Universidad Nacional Heredia en Costa Rica. El artículo de investigación en referencia a las fuentes de contaminación análisis de la calidad del agua recolectada, concluye que los balances iónicos calculados, el 16 % de las muestras se encontraron dentro del ámbito utilizado como criterio de aceptación (0,83 a 1,20). El 84% de las muestras estuvieron fuera de este ámbito y en el 75% de las muestras, la sumatoria de los cationes fue mayor que la sumatoria de los aniones, lo cual se debió posiblemente a la presencia de ácidos orgánicos no analizados, que pudieron incorporarse a las muestras como sales de sodio y potasio, o a la posible contaminación de la muestra con material particulado transportado por el viento durante su recolección. Asimismo, indicó que la mejora del procedimiento se debe a la formación de ácidos orgánicos (principalmente acetato y lactato) que pudieron disminuir el pH de los ensilajes de 5.7-5.9 a 3.8-4.2 para todos los tratamientos de SCT y de 5.9 a 3.4 para el tratamiento de SCS. Con respecto a la composición química del agua de lluvia y de niebla, manifiesta que las concentraciones bajas de  $H_3O^+$  pueden atribuirse a las concentraciones altas de sales de calcio, en comparación con las concentraciones bajas de  $NO_3^-$  y  $SO_4^{2-}$ . Las concentraciones de  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $SO_4^{2-}$  en las muestras de agua de lluvia y de niebla fueron enriquecidas con respecto al mar, ya que los factores de enriquecimiento marino fueron mayores a uno. Los factores de enriquecimiento del suelo de  $K^+$  y  $Mg^{2+}$  demuestran que probablemente la fuente de emisión de ambos analitos sea la corteza terrestre, sin embargo, el  $K^+$  en el agua de niebla tuvo un valor superior a uno, por lo que pudo provenir de otra fuente de emisión diferente al mar y al suelo, como por ejemplo quema de biomasa.

## 2.2 Bases teóricas:

### 2.2.1 Niebla

Se define como una masa de aire compuesta por minúsculas gotitas de agua (1 a 40 micrones), las que por ser tan livianas no caen, sino que se mantienen suspendidas a merced del viento si se encuentran en la superficie de los continentes o de los océanos, mientras que si están en la atmósfera se denominan nubes. (Cereceda et al., 2014).



Figura 2: Formación de niebla.

### 2.2.2 Origen de la niebla

Una de las causas de la formación de las nubes y niebla se debe a la presencia de anticiclones o centros de alta presión. El Anticiclón del Pacífico Suroriental está presente frente a las costas de Ecuador, Chile y Perú. Éste produce una inversión térmica por subsidencia, es decir, aire descendente desde la alta atmósfera que se calienta por compresión. (Cereceda et al., 2014).

Según su proceso de formación, las nieblas pueden ser (Bruijnzeel et al., 2005; citado por Eugster, 2008):

a. Nieblas por radiación

Las nieblas por radiación son aquellas que se producen cuando masas de aire frío se acumulan en una determinada zona durante la noche o durante largos periodos en el invierno. La formación de este tipo de nieblas implica bajas velocidades de viento y masas de aire estancadas o casi estancadas.

b. Nieblas de mar

Las nieblas de mar son aquellas que se producen por el enfriamiento de masas de aire húmedas, al pasar sobre una superficie oceánica fría.

c. Nieblas de vapor

Las nieblas de vapor son aquellas que se producen cuando masas de aire frío con poca humedad se desplazan sobre una superficie oceánica caliente, donde la evaporación del agua por parte del océano supera la capacidad de saturación de la masa de aire fría, formándose gotas de niebla a causa del exceso de vapor.

d. Nieblas de advección

Las nieblas de advección son aquellas que se producen por el desplazamiento de una capa de niebla, empujada por el viento. Fessehayé et al. (2014) completa la definición de las nieblas de advección, al mencionar que estas nieblas se producen cuando una masa de aire húmeda pasa sobre una superficie más fría por movimientos de advección y es enfriada por esta superficie.

Según su lugar de formación, las nieblas pueden ser (Bruijnzeel et al., 2005; citado por Eugster, 2008):

a. Nieblas costeras

Las nieblas costeras son, típicamente, nieblas de advección, donde la superficie continental es más caliente que la fría superficie oceánica, causando la condensación del agua cuando la masa de aire viaja del continente al océano.

b. Nieblas de valle

Las nieblas de valle son aquellas nieblas, típicamente nieblas por radiación, que se forman en un valle montañoso.

c. Nieblas de montaña

Las nieblas de montaña se forman cuando una masa de aire que se mueve sobre la superficie continental asciende por la superficie de las montañas, que actúan como obstáculos orográficos, alcanzando mayores altitudes, por las cuales se condensa el agua transportada por la masa de aire.

### **2.2.3 Estación Climática Ordinaria – Lachay**

A nivel nacional la Estación Climática Ordinaria – Lachay es la segunda más antigua en el Perú; en la que se vienen registrando datos del clima desde 1930, información que ha contribuido a lo largo de los años en la toma de decisiones de la gestión del área natural protegida. Una estación climática es una instalación destinada a medir y registrar diversas variables meteorológicas. Estos datos se

utilizan en la elaboración de predicciones meteorológicas y para estudios climáticos. La estación está ubicada al interior de las Lomas de Lachay, ubicada una Latitud:  $11^{\circ}21'36.51''$ , Longitud:  $77^{\circ}22'6.21''$  y a una altitud de 416 msnm. (SENAMHI, 2014).



Figura 3: Estación Climática Ordinaria – Lachay

#### 2.2.4 Atrapanieblas y neblinómetros

##### a. Atrapanieblas

Estructuras para interceptar el agua en suspensión, permitiendo la colección de volúmenes mayores de este recurso (a partir de los captadores de niebla o atrapanieblas). (Soto, 2000)

## b. Historia de los Atrapanieblas

La historia de la “cosecha” de agua de niebla no es nueva. En el siglo XVI en la isla El Hierro del archipiélago de las Islas Canarias, España, los cronistas cuentan que había un árbol, “el garoe”, que abastecía a la población autóctona con el agua que recolectaba de la niebla (Hernández, A. 1998). Esta técnica todavía se usaba en 1990 en la península arábiga, con dos olivos que entregaron durante el monzón de ese año, 1.000 litros de agua diarios (Frigerio, 1990).



Figura 4: Los dos primeros neblinómetros utilizados en los inicios de las investigaciones de la niebla, en Chile.

## c. Neblinómetro

Son instrumentos que permiten determinar el potencial de captación de agua de niebla de un determinado lugar. El modelo más utilizado es el neblinómetro estándar o Neblinómetro SFC (por sus siglas, Standard Fog Collector) cuyas características principales son: marco con 1 m<sup>2</sup> de doble malla raschel de 35% de sombra ubicado a 2 m sobre el nivel del suelo. (Sumpa, 2018).



Figura 5: Neblinómetro estándar.

La consultora Sumpa ha desarrollado un modelo que denomina Neblinómetro CAAN (calidad ambiental del agua de niebla), en cual reduce el área de captación a 0,25 m<sup>2</sup>, eliminando cualquier parte metálica que pueda contaminar la muestra del agua de niebla que luego será analizada en laboratorio.



Figura 6: Neblinómetro CAAN-SUMPA 2018

### **2.2.5 Experiencia en diferentes proyectos de captación de agua de niebla en el mundo.**

En la siguiente tabla se recogen las distintas experiencias que se han desarrollado en todo el mundo utilizando la tecnología de captación de agua de la niebla, teniendo una captación variable en cada uno de ellos.

<b>País</b>	<b>Localización</b>	<b>Captacion promedio de agua de niebla (l/m<sup>2</sup>/día)</b>
Chile	Cerro Moreno	8,26
Chile	El Tofo	2,98
Chile	Parque Nacional del Bosque de Fray J orge	3
Chile	Santuario de Padre Hurtado	5,4
Chile	Falda Verde	1,43
Chile	Iquique (Alto Patache)	7,81
Perú	Cerro Orara	4,6 – 5,8
Ecuador	Comunidad Pachamama Grande	4
Guatemala	Lago Atitlan	6,51
Colombia	Desierto de Guajira	1,4
República Dominicana	-	3,58
México	Chiapas	0,5
Sudáfrica	Ciudad del Cabo	14,4 (incluye lluvia)
Sudáfrica	Lepelfontein	5,3 – 5,9 (88% agua de niebla)
Sudáfrica	Soutpansberg	2 (25% agua de niebla)
Namibia	Swartbank, Klipneus, Soutrivier	0,5 -2
Islas de Cabo Verde	-	11,5
Eritrea	-	8
República de Yemen	Hajja	9,5
Nepal	-	1 (estación seca) 40 (Monzón)
Omán	-	30 (Monzón)
Croacia	-	< 27,8
España	Islas Canarias (El Gaitero)	1,8
España	Islas Canarias (Erjos)	0,2
España	Islas Canarias (Cumbres de Anaga)	4,5
España	Islas Canarias (El pulpito)	0,2
España	Islas Canarias (Parque Rural de Teno)	4,1 – 5,5
España	Alicante (El Montgó)	5,6

Figura 7: Cuadro resumen de experiencias en diferentes proyectos de captación de agua de niebla en el mundo.

Fuente: La Niebla (Soto, 2000)

### **2.2.6 Calidad de agua**

La calidad del agua se puede determinar al comparar las particularidades físicas, químicas y microbiológicas de una determinada muestra de agua con las llamadas directrices (ONU, 2014).

### **2.2.7 Calidad de agua de niebla**

El contenido soluble y particulado en el agua atmosférica depende de la presencia de fuentes de contaminación del aire en el recorrido de las masas de aire, de la capacidad de lavado del aire por parte de las gotas de agua, de la cantidad de agua en la atmósfera, etc. Así también, la atmósfera contiene gases y partículas, de origen natural o antropogénico, las cuales, tras un cierto tiempo de residencia, son depositadas en la superficie terrestre por medio de la precipitación húmeda o por vía seca (Àvila, 1999).

La niebla provoca la remoción de componentes solubles de la atmósfera, por lo que su composición ayuda a entender la contribución de los contaminantes emitidos por las fuentes naturales y antropogénicas a la atmósfera (Vásquez et al., 2012)

### **2.2.8 Especies químicas presentes en el agua de niebla**

#### **a. Acidez**

La acidez del agua atmosférica ocurre por la incorporación de sustancias ácidas en el agua de lluvia, tal y como ocurre en la formación de lluvia ácida, por incorporación de ácido sulfúrico y el ácido nítrico (Kulshrestha et al., 2005; Vásquez et al., 2012). El agua de lluvia es natural y ligeramente ácida, con un pH de aproximadamente 5.6, considerándose este valor de pH natural al cual, el agua contenida en la nube se mantiene en equilibrio con el CO<sub>2</sub> atmosférico, mientras que, valores de menor valor

de pH se consideran como lluvia ácida (Casas y Alarcón, 1999; Al-Khashman, 2009).

#### b. Alcalinidad

Si bien el agua atmosférica es ligeramente ácida, podría ser neutra o alcalina, como resultado de su neutralización a causa de partículas alcalinas dispersas a nivel local, las cuales contienen grandes cantidades de  $\text{CaCO}_3$  (Al-Khashman, 2009), aerosoles marinos y  $\text{NH}_3$  (Seinfeld y Pandis, 2006). Estas partículas alcalinas tienen una capacidad amortiguadora importante, ya que, aún después de la adición antropogénica de las especies ácidas, el valor de pH del agua atmosférica puede ser mayor a 6,0 a causa de las partículas alcalinas (Seinfeld y Pandis, 2006).

#### c. Calcio

Se puede atribuir la existencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$  en la niebla, al suelo (Millet et al 1996; Ali et al, 2004). Así, el  $\text{CaCO}_3$  y otros compuestos presentes en el polvo suspendido pueden reaccionar con los iones  $\text{H}^+$  del agua atmosférica, provocando la disolución de iones como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y con ello, su incremento de concentración en el agua (Yue et al., 2012). En algunos casos, las altas concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  pueden ser las responsables de las desviaciones encontradas en el balance iónico, lo cual podría deberse a la presencia de material particulado, transportado por el viento, hacia los sitios de recolección de las muestras (Vásquez et al., 2012). Por ejemplo, en el estudio de Vásquez et al. (2012), una fuente probable de emisión de  $\text{Ca}^{2+}$  puede ser el camino de lastre, de aproximadamente 20 km, que sirve para ingresar a la zona de estudio.

#### d. Carbonatos

Como se mencionó antes, la presencia de partículas de polvo suspendido en la atmósfera, con presencia de  $\text{CaCO}_3$  y otros compuestos, pueden liberar iones como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , y con ello, iones bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). Este ion puede servir como tampón o buffer para regular el pH.

#### e. Especies químicas del azufre

La disolución del  $\text{SO}_2$  en el agua resulta en una mezcla de especies químicas producto de su oxidación, tales como  $\text{SO}_3^{2-}$  (sulfito),  $\text{HSO}_3^-$  (bisulfito) y  $\text{H}_2\text{SO}_3$  (ácido sulfuroso no disociado), dependiendo del pH. A valores típicos de pH del agua de la nube (aproximadamente de 5,6), el ion bisulfito es el ion dominante.

#### f. Ion amonio y amoniaco

Las elevadas concentraciones del ion amonio son atribuidas a causas, como la existencia de vegetación, la quema de biomasa, la existencia de población animal, entre otros. (Parashar et al. 1998; citado por Kulshrestha et al., 2005).

En el caso del amoniaco, una fuente considerable de emisiones es la actividad porcina, Así, del total de nitrógeno existente en los purines y estiércoles de porcinos, el 75 por ciento se encuentra en forma amoniacal. De este porcentaje, en equilibrio se encuentran el ion amonio, soluble en agua ( $\text{NH}_4^+$ ) y el amoniaco, en forma gaseosa ( $\text{NH}_3$ ). El  $\text{NH}_3$  gaseoso se volatiliza del purín o estiércol, al contacto con el aire, siendo el principal gas emitido a la atmósfera por la actividad porcícola (Sanes, 2014).

#### g. Magnesio

El magnesio es otro elemento presente en el agua de niebla y su principal fuente son los aerosoles oceánicos; no obstante, otra fuente de

magnesio es el suelo, el cual aporta material particulado a las masas de aire que transportan la niebla (Yue et al., 2012).

#### h. Óxidos de nitrógeno y nitratos

Con respecto a los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), la aparición del ion nitrato en las nubes se lleva a cabo mediante diferentes vías. Entre estas están: 1) la disolución del vapor del ácido nítrico, 2) la disolución en las gotas de agua de partículas que contiene nitrato, 3) la absorción de óxidos de nitrógeno o ácido nitroso (HONO), seguida de 4) la oxidación de los iones nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) por oxidantes, tales como el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Es probable que los procesos prevalecientes sean los dos primeros, ya que el NO<sub>2</sub>, y especialmente el NO, tienen baja solubilidad en el agua (Harrison, 2003; citado por Vásquez et al., 2012).

#### i. Sodio y cloruros

El ion Na<sup>+</sup> es usado como elemento de referencia para analizar la influencia de fuentes marinas en el agua de niebla. Por otro lado, si bien el ion Cl<sup>-</sup> suele estar presente en el agua de niebla debido a las fuentes marinas, e incluso, junto con el Na<sup>+</sup> son emitidos desde el océano a la atmósfera por medio de gruesas partículas de sal, el Cl<sup>-</sup> también es emitido por fuentes como la industria del carbón. Por esta razón, el ion cloruro no es considerado como elemento de referencia para analizar la influencia de fuentes marinas en el agua de niebla (Yue et al., 2012).

### **2.2.9 Fuentes de contaminación atmosférica**

#### a. Fuentes fijas

Este tipo de fuentes se caracterizan porque están situadas en un lugar determinado e inamovible, incluso cuando la emisión de los

contaminantes se produce de manera dispersa (Gaitán y Cárdenas, 2017). A su vez, estas fuentes pueden ser:

-Puntuales: aquella instalación en un lugar determinado, que tiene como fin desarrollar procesos industriales o actividades que emiten contaminantes significativos a la atmósfera. Por ejemplo, las fundiciones primarias, refinerías, industrias de alimentos y otros (DIGESA, 2005).

-Área: es el conjunto de establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que individualmente emiten cantidades pequeñas de contaminantes, pero que de forma conjunta representan un aporte significativo de contaminantes a la atmósfera. Aquí se pueden clasificar a los establecimientos comerciales y de servicios, como las panaderías, talleres de carpintería, grifos y otros (DIGESA, 2005).

#### b. Fuentes Naturales

Son las emisiones generadas por procesos biológicos (bióticos y abióticos) sin intervención humana. Por ejemplo, la actividad de un volcán, el océano, el material particulado erosionado por el viento, entre otros.

#### c. Fuentes móviles

En este tipo de fuentes se encuentran los automóviles o vehículos de transporte que por su uso se ven en la obligación de desplazarse. Por lo tanto, los automóviles, camiones, trenes, barcos, aviones y otros pertenecen a esta clasificación (Gaitán y Cárdenas, 2017).

### **2.2.10 Lomas costeras**

Las lomas costeras son ecosistemas únicos en el mundo y característicos de la costa de Perú y Chile, se extienden desde Illescas (Dpto de Piura, a 6° L.S.) hasta los límites: Huasco y Coquimbo al norte de Chile (30° L.S.), presentándose en forma más intensa entre los 8° y 18° L.S.

(Rundel et al. 1991), forman un cinturón interrumpido de más de 3500 kilómetros a lo largo de la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes. (Moreno, 2001).

Las lomas son ecosistemas estacionales que se generan sobre las cadenas de los cerros con orientación al mar. Las lomas resultan de la interacción directa entre el clima, el suelo y el relieve, pero adoptan diversas formas y composiciones dependiendo de la distancia con el mar, la altitud, la pendiente, las condiciones microclimáticas, entre otras causas. (PNUD, 2018)

La costa peruana posee una formación de ecosistemas estacionales con altas incidencias de niebla, llamadas lomas. En invierno la vegetación de las lomas cubre el área de vegetación de porte herbáceo y arbustivo. Por otro lado, en verano la vegetación muere permaneciendo las semillas latentes, a la espera del inicio del invierno. (SERNANP, 2018)

La estacionalidad está fuertemente relacionada con la presencia de un manto nuboso, que ocurre con mayor intensidad entre junio y septiembre en condiciones sin influencia de El Niño-Oscilación (SERNANP, 2018).

#### a. Lomas de Lachay

La Reserva Nacional de Lachay (RNL) es un pequeño paraíso ubicado a tan solo 105 kilómetros al norte de Lima y ocupa un área de 5,070 hectáreas en medio de la franja desértica costera. Las lomas son un refugio para la variada fauna de la costa del Perú y una muestra representativa de la exuberante vegetación de las lomas costeras. Políticamente ocupa áreas de la provincia de Huaura en el departamento de Lima. (SERNANP, 2018)

Es la única loma reconocida como Reserva Natural y abarca una superficie aproximada de 5 070 hectáreas, con altitudes comprendidas entre los 100 y los 500 metros. Preserva una rica flora y fauna con numerosas especies endémicas. Podrás encontrar aproximadamente 60 especies de

aves identificadas, una gran cantidad de flora con plantas con gran capacidad de captación de neblina y al símbolo de las lomas, la flor de Amancaes. (Conservamos por Naturaleza, 2016) .Este frágil ecosistema es único, y como todo espacio intervenido, ha sufrido amenazas tales como el pastoreo excesivo y la tala de árboles. Su protección hace posible que se conserve una muestra representativa de las lomas costeras y fomenta el aprovechamiento racional de estos recursos. (SERNANP, 2018).

## **2.3 Definición de términos básicos:**

### **2.3.1 Agua atmosférica**

Es el agua que proporciona la atmósfera del Planeta pero que aún no ha tocado la corteza terrestre, es decir que se desplaza movida por los vientos (nieblas, brumas, nubes bajas, etc.) o que se encuentra en la fase de precipitación (lloviznas, lluvias, nieve, etc.), para distinguirla del agua superficial (escorrentías) y de las aguas subterráneas (nacimiento, galerías y pozos) que acceden a acuíferos situados bajo la corteza.

### **2.3.2 Humedad atmosférica**

Es la cantidad de humedad en el aire, comparado con la que el aire puede mantener a esa temperatura. Cuando el aire no es capaz de mantener la humedad se produce el rocío, cuando hay mayor temperatura hay mayor evaporación y las gotas de agua están más dilatadas o dispersas en el medio, pero tienen menor tamaño y por eso no pueden precipitarse. La condensación se alcanza cuando el aire se satura, por lo que al reducirse levemente la temperatura favorecería que aumenten el peso y tamaño de las gotas de agua y en consecuencia se precipiten (Hidro Air, 2009).

### 2.3.3 Metales pesados

Son considerados según la tabla periódica como elementos químicos de alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20 y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son Aluminio (Al), berilio (Be), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros. (Londoño et al., 2016)

#### a. Plomo (Pb)

El plomo es un metal pesado que se ha utilizado durante muchos años debido a su resistencia a la corrosión, ductibilidad, maleabilidad y facilidad para formar aleaciones. El plomo es absorbido por inhalación, ingestión y a través de la piel (Bayona, 2009; NavaRuíz & Méndez-Armenta 2011). Las principales vías de exposición son: i) inhalación de partículas de plomo generadas por combustión de algunos materiales. ii) La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados (Zurera et. al, 1987). Tiende a distribuirse en diferentes órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se va acumulando con el paso del tiempo (Sanín et. al, 1998). La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición (Bayona, 2009).

#### b. Cadmio (Cd):

El cadmio forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y provoca una liberación al medio ambiente cercana a 25000 toneladas. De otra parte, por vía antrópica las concentraciones en el ambiente pueden ser incrementadas considerablemente. Ya que es un metal ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas, esto ha

producido un progresivo aumento en su producción. El 5% del metal es reciclado y debido a su notable movilidad, provoca una importante contaminación ambiental (Marruecos et.al, 1993).

c. Arsénico (As):

Es un elemento ampliamente distribuido en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera, el cual está presente en cuatro estados de oxidación As(V), As(III), As(0) y As(-III). Las especies formadas según el estado de oxidación son variadas y pueden ser de origen inorgánico u orgánico. El As(III) puede provenir de la reducción biológica del As (V), y predomina en zonas cercanas a industrias con efluentes ricos en As(III), aguas geotermales y ambientes reductores (Smedley & Kinniburgh, 2002). En general, en aguas superficiales, el As(V) predomina sobre el As(III) especie de mayor toxicidad.

#### **2.3.4 ECA**

El ECA (estándar de calidad ambiental) es un instrumento de gestión ambiental donde se estipula los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente. El ECA para agua evalúa 104 parámetros, en 4 categorías y 10 subcategorías, para la categoría 1, evalúa 13 parámetros de tipo inorgánico. (Ver Anexo 1).

#### **2.3.5 Contaminación (de las fuentes de agua)**

Cualquier cambio en las características físicas, químicas y biológicas de la calidad de agua, referente a valores de un Estándar de Calidad

Ambiental para Agua, que lo convierte en inadecuada para su uso previsto (ANA, 2020)

### **2.3.6 Uso del agua**

Utilización del agua para satisfacer la demanda de la población o la actividad productiva en la fuente natural o captación de la misma con el fin de satisfacer necesidades humanas o destinarlos para procesos productivos. (ANA, 2020).

### **2.3.7 Ecosistemas de Lomas**

La costa peruana posee una formación de ecosistemas estacionales con altas incidencias de niebla, llamadas lomas. En invierno la vegetación de las lomas cubre el área de vegetación de porte herbáceo y arbustivo. Por otro lado, en verano la vegetación muere permaneciendo las semillas latentes, a la espera del inicio del invierno. La estacionalidad está fuertemente relacionada con la presencia de un manto nuboso, que ocurre con mayor intensidad entre junio y septiembre en condiciones sin influencia de El Niño-Oscilación.

### **2.3.8 Área de estudio**

El área de estudio corresponde a la zona geográfica que da contexto al problema en estudio. El criterio para su delimitación dependerá de las características propias del proyecto, pudiendo quedar definida por límites geopolíticos o geográficos, por la organización territorial, por la configuración territorial de la red de un determinado servicio en análisis, entre otros.

### **2.3.9 Área de influencia**

Corresponde a los límites dentro de los cuales el proyecto podría constituir una solución real al problema detectado y queda definido principalmente por la ubicación de la población afectada. Eventualmente, las áreas de estudio e influencia podrían coincidir, pero generalmente la segunda es un subconjunto de la primera.

### **2.3.10 Neblinómetro CAAN (Calidad ambiental del agua de niebla)**

Este equipo es un diseño del área de Innovación de SUMP que modifica el Neblinómetro estándar, o SFC por sus siglas en inglés: Standard Fog Collector (Careceda, 2014), a fin de evitar que partes metálicas entren en contacto con el área de colección, transporte y almacenamiento del agua de niebla, obteniéndose una muestra libre de contaminación por parte del equipo. Otra de las principales diferencias está en el área colectora compuesta por malla raschell de 35 % de sombra, mientras que un Neblinómetro SFC presenta un área de colección de 1,0 m<sup>2</sup> (1,0 m x 1,0 m) requiriendo dos parantes y cables con tensores sujetos de estacas para que pueda soportar la fuerza que ejerce el viento, un Neblinómetro CAAN presenta un área colectora de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m) y requiere de un solo parante con zapata enterrada; en ambos casos la malla colectora se ubica a 2,0 m por encima del nivel del suelo.

### **2.3.11 Área de captación (del neblinómetro)**

Es el espacio del neblinómetro donde se basa la condensación de las pequeñas gotas de agua que componen la niebla sobre la superficie de una malla (de polipropileno, generalmente).

### **2.3.12 Ensayo ICP-MS**

La espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) es altamente sensible y capaz de determinar de forma cuantitativa casi todos los elementos presentes en la tabla periódica que tengan un potencial de ionización menor que el potencial de ionización del argón a concentraciones muy bajas (nanogramo/litro o parte por trillón, ppt). Se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas). (Mansilla et al., 2018).

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

#### 3.1. Determinación y análisis del problema:

En Perú, entre 7 y 8 millones de peruanos/as aún no tienen agua potable, siendo Lima la ciudad más vulnerable: es la segunda capital en el mundo asentada en un desierto y solo llueve 9 milímetros al año. El río Rímac es el principal proveedor de agua potable para la población de Lima y Callao, y, al mismo tiempo, es la cuenca más deteriorada en términos ambientales. En el caso de Lima, 1.5 millones de ciudadanos no cuentan con acceso a agua potable ni alcantarillado. Existe un notorio contraste entre la zona urbana y periurbana, donde los pueblos jóvenes y pequeños asentamientos humanos no gozan del servicio de agua, ni desagüe, como el resto de las zonas de Lima que sí (Municipalidad de Miraflores, 2021).

El consumo de agua contaminada y la falta de acceso a servicios mejorados de saneamiento, está relacionada a más de 4.000 muertes prematuras al año en América Latina. Entre las enfermedades que provocan estos decesos figura en primer lugar la diarrea entre las cinco primeras causas de enfermedades por el consumo de agua contaminada. Pero eso no es todo, la exposición prolongada a agua contaminada con plaguicidas, metales, antibióticos y residuos radiactivos se asocia a cánceres, fallas renales, problemas cognitivos y otras enfermedades no transmisibles (OMS, 2013)

De igual forma, Vargas (2005) afirma que el agua de consumo puede transmitir numerosas enfermedades producidas por agentes microbiológicos y químicos. El denominador común de estas enfermedades es que en la mayoría de los casos el efecto sobre la salud no es inmediato, sino a medio

o largo plazo, dando como resultado enfermedades de tipo degenerativo en las que resulta muy difícil establecer relaciones de causalidad. Los químicos más frecuentes en el agua capaces de originar problemas de salud o enfermedades son los nitratos, trihalometanos, plaguicidas, plomo y otros metales, arsénico, acrilamida, cloruro de vinilo y epiclohidrina, fluoruro y boro. Otros problemas emergentes son la radiactividad natural y artificial, los alteradores endocrinos y las toxinas de cianobacterias.

En la reserva nacional de Lachay, con fines educativos ambiental y de recuperación de áreas degradadas, en el año 2008 instaló 192 m<sup>2</sup> de mallas Rashell para la captura de agua de neblinas en la zona de Alto Capillas, habiéndose capturado del año 2009 al 2012 403.26 m<sup>3</sup> de agua de niebla. Siendo el año 2011 en donde se produjo la mayor captura de agua 258.82 y el 2012 año de menor captura con 20.41 m<sup>3</sup> pero sin un análisis previo sobre la calidad de agua.

Teniendo en cuenta este antecedente, se decidió evaluar la concentración de metales del agua de niebla en las Lomas de Lachay para conocer su potencial de uso como recurso. Asimismo, con el objetivo fomentar y desarrollar la investigación científica en relación con la calidad ambiental del agua de niebla y su potencial uso para el beneficio de las poblaciones y áreas agrícolas del ámbito del lugar, y con el fin de salvaguardar la salud de los guardaparques, colaboradores y visitantes al interior de la reserva.

### **3.2. Modelo de solución propuesto**

Mediante este trabajo se pretende evidenciar la calidad del agua de niebla recolectada de la loma de Lachay. Asimismo, conocer el impacto ambiental producido por factores naturales y antrópicos en el agua. De esta manera el trabajo realizado buscará generar artículos científicos para

hacerlos de conocimiento público y destacar el trabajo de la consultora ambiental SUMPA.

### 3.2.1. Descripción de la metodología

El trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en las siguientes etapas:



A continuación, se describirá cada etapa.

#### a. Etapa Preliminar

##### - Recolección de la información

Se investigaron detalladamente información de tesis, investigaciones, artículos sobre la calidad de agua de niebla de las lomas costeras.

Se evaluaron las metodologías de análisis para los datos de calidad de agua de niebla, así como evaluaciones estadísticas más convenientes.

## **-Fase de gabinete**

Preparación de equipos y materiales para desarrollar la etapa de instalación de los neblinómetros.

### **b. Etapa de Desarrollo**

#### **-Etapa de Instalación**

En esta etapa se identificó cuatro áreas de evaluación, distanciadas 140 m altitudinales entre ellas, dentro de las Lomas de Lachay. En cada área, se recolectó medidas del volumen de agua, mediante los Neblinómetros CAAN instalados durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018, y se obtendrá una muestra de 500 ml para realizar un análisis de contenido de metales mediante ensayo de ICP-MS. Se analizaron 5 metales: Aluminio, Arsénico, Cadmio, Hierro, Plomo.

En cada punto de monitoreo se recolectaron cuatro muestras, obteniendo un total de 16 muestras a analizar.

**Tabla 1 Ubicación de los neblinómetros instalados en Lomas de Lachay.**

Neblinómetro	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)
	Este	Norte	
LAC-01	8743764	242189	588
LAC-02	8743196	241454	440
LAC-03	8741577	241247	310
LAC-04	8739941	241357	180

\* Sistema de coordenadas UTM, Zona 18M / Datum WGS84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2 Periodos de muestreo del agua de niebla**

Muestreo	Fecha
1	12/10/18
2	19/10/18
3	26/10/18
4	2/11/18

Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Estación LAC-01.

#### **-Etapa de medición y monitoreo**

Los datos del monitoreo fueron recopilados y sistematizados para que puedan ser analizados, luego fueron enviados a laboratorio.

#### **c. Etapa final: Comparación y discusión de resultados**

#### **- Interpretación y análisis de resultados de la calidad agua de niebla**

El método empleado para el análisis de laboratorio fue espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), el cual consiste en someter a la muestra a condiciones especiales que permiten la excitación de los

átomos presentes, de forma que, al volver a su estado normal estos átomos emiten radiación electromagnética en longitudes de onda característica de un elemento particular. Estos parámetros fueron evaluados tomando en cuenta la comparación de los promedios en cada periodo de monitoreo, varianza, de y rangos de datos (máximo y mínimo), con eso cuatro datos se elaborarán diagramas comparativos.

Los parámetros estadísticos de las concentraciones de los cinco metales analizados en los cuatro puntos altitudinales se evaluarán estadísticamente, hallando: varianza, desviación estándar, valores máximos y mínimos. Los resultados de los análisis de contenidos de metales en el agua de niebla fueron comparados y discutidos con la ECA A1-1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

### **3.3 Resultados**

En la siguientes tablas y figuras se muestran los resultados del análisis de metales tóxicos en el agua de niebla recogida por los neblinómetros. El análisis fue realizado por el laboratorio SGS del Perú S.A.C. (SGS) acreditado ante el INACAL con registro N° LE-047. El método empleado para el análisis de laboratorio fue espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

## a) Resultados de laboratorio

Se extrajeron y analizaron cuatro muestras por cada estación de monitoreo. Por eso, se denominan cuatro variables A, B, C y D por cada neblinómetro.

**Tabla 3 Resultados de laboratorio**

Período de muestreo	Neblinómetro	Aluminio Total	Arsénico Total	Cadmio Total	Hierro Total	Plomo Total	Unidad
<b>ECA 2017 1-A1</b>		<b>0.900</b>	<b>0.010</b>	<b>0.0030</b>	<b>0.3000</b>	<b>0.0100</b>	mg/L
1	LAC-01A	0.076	0.00813	0.01245	0.0785	0.0357	mg/L
	LAC-02A	0.142	0.01306	0.04215	0.1453	0.1316	mg/L
	LAC-03A	0.415	0.02783	0.01288	0.3948	0.0831	mg/L
	LAC-04A	1.914	0.0392	0.16527	1.4816	0.3072	mg/L
2	LAC-01B	0.082	0.01132	0.00878	0.073	0.0247	mg/L
	LAC-02B	0.137	0.01227	0.01263	0.1459	0.0608	mg/L
	LAC-03B	0.265	0.03109	0.01804	0.2559	0.0301	mg/L
	LAC-04B	1.064	0.11633	0.20779	1.2953	0.9114	mg/L
3	LAC-01C	0.228	0.0179	0.00413	0.1899	0.0356	mg/L
	LAC-02C	0.977	0.02299	0.00711	0.9266	0.1325	mg/L
	LAC-03C	0.998	0.03825	0.01894	0.8103	0.0793	mg/L
	LAC-04C	6.301	0.07005	0.09489	5.186	1.4487	mg/L
4	LAC-01D	0.323	0.01044	0.00294	0.2816	0.03	mg/L
	LAC-02D	0.793	0.01373	0.00868	0.6882	0.1628	mg/L
	LAC-03D	0.646	0.03121	0.01027	0.5766	0.0551	mg/L
	LAC-04D	4.421	0.06729	0.03773	3.8814	0.4671	mg/L

Fechas de muestreo: 12/10/2018, 19/10/2018, 26/10/2018, 02/11/2018

Fuente: Elaboración propia

## b) Periodos de muestreo

Se extrajeron muestras de cada estación en cuatro fechas distintas, dejando un espacio de dos semanas entre toma y toma.

- **Primer periodo de muestreo**

**Tabla 4 Resultado del primer periodo de muestreo**

Neblinómetro	Aluminio Total	Arsénico Total	Cadmio Total	Hierro Total	Plomo Total	Unidad
LAC-01A	0.076	0.00813	0.01245	0.0785	0.0357	mg/L
LAC-02A	0.142	0.01306	0.04215	0.1453	0.1316	mg/L
LAC-03A	0.415	0.02783	0.01288	0.3948	0.0831	mg/L
LAC-04A	1.914	0.0392	0.16527	1.4816	0.3072	mg/L
<b>Promedio</b>	<b>0.637</b>	<b>0.02206</b>	<b>0.05819</b>	<b>0.5251</b>	<b>0.1394</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

- **Segundo periodo de muestreo**

**Tabla 5 Resultado del segundo periodo de muestreo**

Neblinómetro	Aluminio Total	Arsénico Total	Cadmio Total	Hierro Total	Plomo Total	Unidad
LAC-01A	0.076	0.00813	0.01245	0.0785	0.0357	mg/L
LAC-02A	0.142	0.01306	0.04215	0.1453	0.1316	mg/L
LAC-03A	0.415	0.02783	0.01288	0.3948	0.0831	mg/L
LAC-04A	1.914	0.0392	0.16527	1.4816	0.3072	mg/L
<b>Promedio</b>	<b>0.637</b>	<b>0.02206</b>	<b>0.05819</b>	<b>0.5251</b>	<b>0.1394</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

- Tercer periodo de muestreo

**Tabla 6 Resultado del tercer periodo de muestreo**

Neblinómetro	Aluminio Total	Arsénico Total	Cadmio Total	Hierro Total	Plomo Total	Unidad
LAC-01C	0.228	0.0179	0.00413	0.1899	0.0356	mg/L
LAC-02C	0.977	0.02299	0.00711	0.9266	0.1325	mg/L
LAC-03C	0.998	0.03825	0.01894	0.8103	0.0793	mg/L
LAC-04C	6.301	0.07005	0.09489	5.186	1.4487	mg/L
<b>Promedio</b>	<b>2.126</b>	<b>0.03730</b>	<b>0.03127</b>	<b>1.7782</b>	<b>0.42403</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

- Cuarto periodo de muestreo

**Tabla 7 Resultado del cuarto periodo de muestreo**

Neblinómetro	Aluminio Total	Arsénico Total	Cadmio Total	Hierro Total	Plomo Total	Unidad
LAC-01D	0.323	0.01044	0.00294	0.2816	0.03	mg/L
LAC-02D	0.793	0.01373	0.00868	0.6882	0.1628	mg/L
LAC-03D	0.646	0.03121	0.01027	0.5766	0.0551	mg/L
LAC-04D	4.421	0.06729	0.03773	3.8814	0.4671	mg/L
<b>Promedio</b>	<b>1.546</b>	<b>0.03067</b>	<b>0.01491</b>	<b>1.3570</b>	<b>0.17875</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

### c) Promedios de los resultados de los periodos de muestreo

**Tabla 8 Promedios de los resultados**

Periodo de muestreo	Aluminio Total	Arsénico Total	Cadmio Total	Hierro Total	Plomo Total	Unidad
1	0.63675	0.02206	0.05819	0.52505	0.1394	mg/L
2	0.387	0.04275	0.06181	0.44253	0.25675	mg/L
3	2.126	0.0373	0.03127	1.7782	0.42403	mg/L
4	1.54575	0.03067	0.01491	1.35695	0.17875	mg/L
<b>Promedio</b>	<b>1.174</b>	<b>0.03319</b>	<b>0.04154</b>	<b>1.0257</b>	<b>0.24973</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.1. Resultados de análisis de calidad de agua de niebla

En la siguiente tabla se mostrará la comparación de los metales tóxicos con los ECA para agua en la categoría 1-A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

##### a) Aluminio

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de aluminio en el agua de niebla y luego son comparados con la ECA 1-A1 (0,9 g/L).

**Tabla 9 Aluminio en el agua de niebla**

N° de muestreo	Neblinómetro	Aluminio Total	Unidad
1	LAC-01	0.076	mg/L
	LAC-02	0.142	mg/L
	LAC-03	0.415	mg/L
	LAC-04	1.914	mg/L
2	LAC-01	0.082	mg/L
	LAC-02	0.137	mg/L
	LAC-03	0.265	mg/L
	LAC-04	1.064	mg/L
3	LAC-01	0.228	mg/L
	LAC-02	0.977	mg/L
	LAC-03	0.998	mg/L
	LAC-04	6.301	mg/L
4	LAC-01	0.323	mg/L
	LAC-02	0.793	mg/L
	LAC-03	0.646	mg/L
	LAC-04	4.421	mg/L
<b>Promedio</b>		<b>1.174</b>	<b>mg/L</b>

Fuente: Elaboración propia

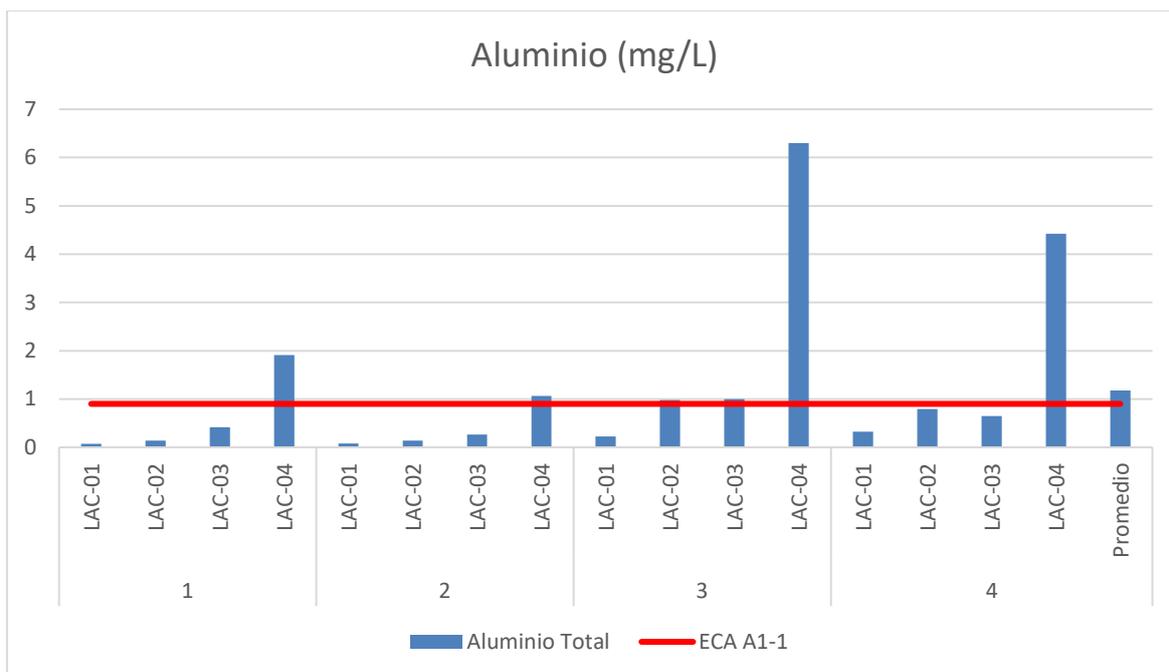


Figura 9: Concentraciones de Al respecto al ECA

<b>Varianza</b>	<b>3.030</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>1.741</b>
<b>Máximo</b>	<b>6.301</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0.076</b>

De la tabla 9 y figura 5 se puede observar que el promedio de la concentración de aluminio (1.174mg/L) durante el monitoreo del agua de niebla supera ligeramente el límite establecido en los ECA de agua para la categoría de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (1-A1). A su vez, la estación LAC-04 en el segundo muestreo es la que presenta el valor más alto de concentración (6.301 mg/L); mientras que, la estación LAC-01 presenta el valor más bajo de concentración (0.076 mg/L) en el tercer muestreo.

Las concentraciones de aluminio en el agua de niebla durante el tiempo de muestreo fueron variables. Los valores altos registrados fueron en la

estación LAC-04, el cual se ubicó a 180 m.s.n.m, al estar en la parte más baja con respecto a las otras estaciones de monitoreo sus valores registrados pueden relacionarse a que a esa altitud al incremento de actividades antrópicas que generan emisiones de aluminio, también es posible que los sedimentos que son transportados por el aire y que se depositan en las canaletas y/o malla del neblinómetro aporten a la concentración de este metal.

### b) Arsénico

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de arsénico en el agua de niebla y luego son comparados con la ECA 1-A1 (0,01 g/L).

**Tabla 10 Arsénico en el agua de niebla**

N° de muestreo	Neblinómetro	Arsénico Total	Unidad
1	LAC-01	0.00813	mg/L
	LAC-02	0.01306	mg/L
	LAC-03	0.02783	mg/L
	LAC-04	0.0392	mg/L
2	LAC-01	0.01132	mg/L
	LAC-02	0.01227	mg/L
	LAC-03	0.03109	mg/L
	LAC-04	0.11633	mg/L
3	LAC-01	0.0179	mg/L
	LAC-02	0.02299	mg/L
	LAC-03	0.03825	mg/L
	LAC-04	0.07005	mg/L
4	LAC-01	0.01044	mg/L
	LAC-02	0.01373	mg/L
	LAC-03	0.03121	mg/L
	LAC-04	0.06729	mg/L
<b>Promedio</b>		<b>0.033</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia.

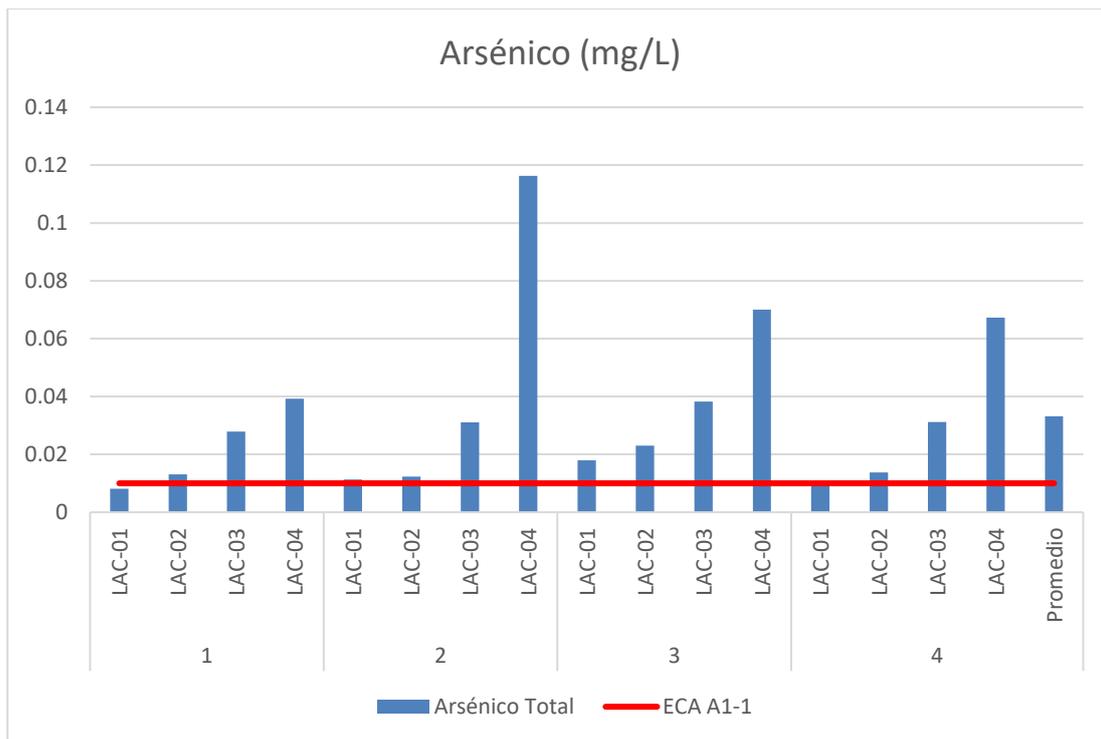


Figura 10: Concentraciones de As respecto al ECA

<b>Varianza</b>	<b>0.00085</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>0.02912</b>
<b>Máximo</b>	<b>0.11633</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0.00813</b>

De la tabla 10 y figura 6 se puede observar que en promedio la concentración de arsénico (0.033mg/L) supera, en más de tres veces, la concentración estipulada en los ECA de agua para la categoría 1-A1. Además, las concentraciones en la estación LAC-04 y LAC-03 fueron mayores que al resto de estaciones muestreos. El valor más alto de arsénico registrado (0.11633 mg/l) fue en la estación LAC-04 y el valor más bajo registrado (0.00813 mg/l) fue en la estación LAC-01

Las cuatro estaciones superan los valores establecidos en los ECA de agua durante todos los muestreos, por lo tanto, el consumo o uso de esta agua puede

afectar la salud de las personas que entran en contacto con este recurso, sin olvidar que parte de la niebla es respirada por los visitantes y pobladores.

### c) Cadmio

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de cadmio en el agua de niebla y luego son comparados con la ECA 1-A1 (0,003 g/L)

**Tabla 11 Cadmio en el agua de niebla**

N° de muestreo	Neblinómetro	Cadmio Total	Unidad
1	LAC-01	0.01245	mg/L
	LAC-02	0.04215	mg/L
	LAC-03	0.01288	mg/L
	LAC-04	0.16527	mg/L
2	LAC-01	0.00878	mg/L
	LAC-02	0.01263	mg/L
	LAC-03	0.01804	mg/L
	LAC-04	0.20779	mg/L
3	LAC-01	0.00413	mg/L
	LAC-02	0.00711	mg/L
	LAC-03	0.01894	mg/L
	LAC-04	0.09489	mg/L
4	LAC-01	0.00294	mg/L
	LAC-02	0.00868	mg/L
	LAC-03	0.01027	mg/L
	LAC-04	0.03773	mg/L
<b>Promedio</b>		<b>0.042</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

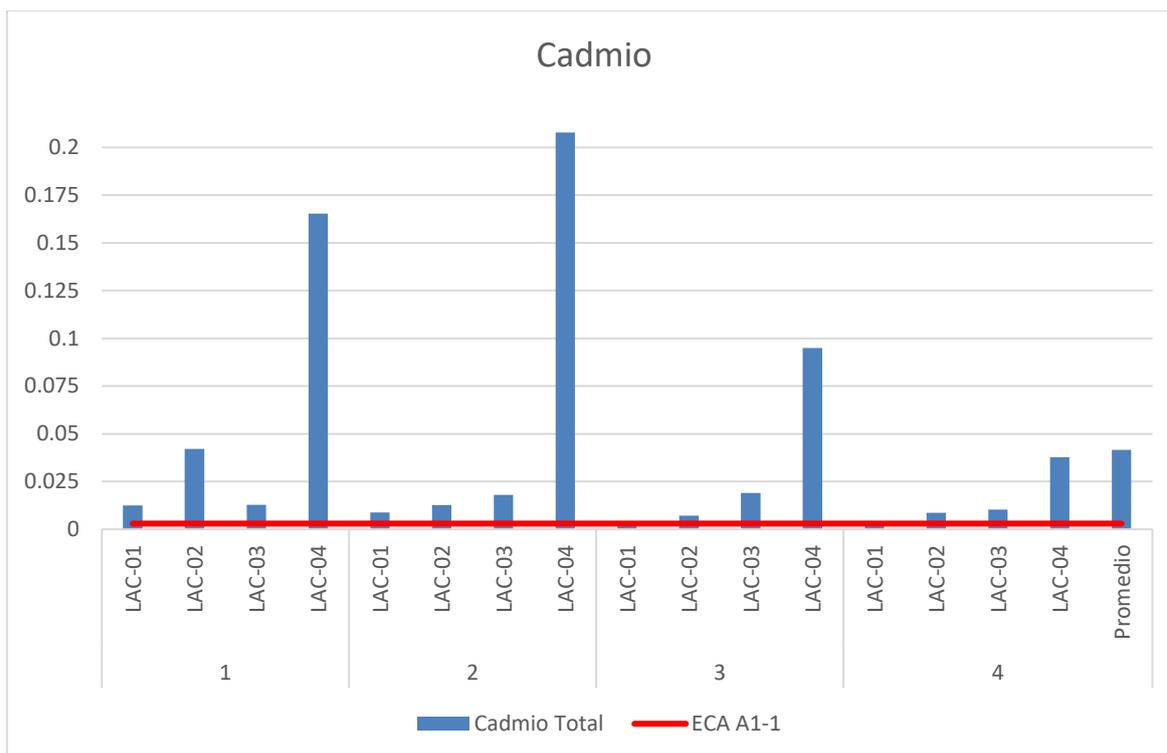


Figura 11: Concentraciones de Cd respecto al ECA

<b>Varianza</b>	<b>0.00377</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>0.06142</b>
<b>Máximo</b>	<b>0.20779</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0.00294</b>

De la tabla 11 y figura 7 se puede observar que en promedio la concentración de cadmio (0.042mg/L) supera, en más de catorce veces, la concentración estipulada en los ECA de agua para la categoría 1-A1. Además, las concentraciones en la estación LAC-04 y LAC-03 fueron mayores que al resto de estaciones muestreos. El valor más alto de cadmio registrado (0.20779mg/l) fue en la estación LAC-04 y el valor más bajo registrado (0.00294mg/l) fue en la estación LAC-01 en el tercer periodo.

Las cuatro estaciones superan los valores establecidos en los ECA de agua durante todos los muestreos, por lo tanto, el consumo o uso de esta agua

puede afectar la salud de las personas que entran en contacto con este recurso.

**d) Hierro**

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de hierro en el agua de niebla y luego son comparados con la ECA 1-A1 (0,3mg/L)

**Tabla 12 Hierro en el agua de niebla**

N° de muestreo	Neblinómetro	Hierro Total	Unidad
1	LAC-01	0.0785	mg/L
	LAC-02	0.1453	mg/L
	LAC-03	0.3948	mg/L
	LAC-04	1.4816	mg/L
2	LAC-01	0.073	mg/L
	LAC-02	0.1459	mg/L
	LAC-03	0.2559	mg/L
	LAC-04	1.2953	mg/L
3	LAC-01	0.1899	mg/L
	LAC-02	0.9266	mg/L
	LAC-03	0.8103	mg/L
	LAC-04	5.186	mg/L
4	LAC-01	0.2816	mg/L
	LAC-02	0.6882	mg/L
	LAC-03	0.5766	mg/L
	LAC-04	3.8814	mg/L
<b>Promedio</b>		<b>1.026</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

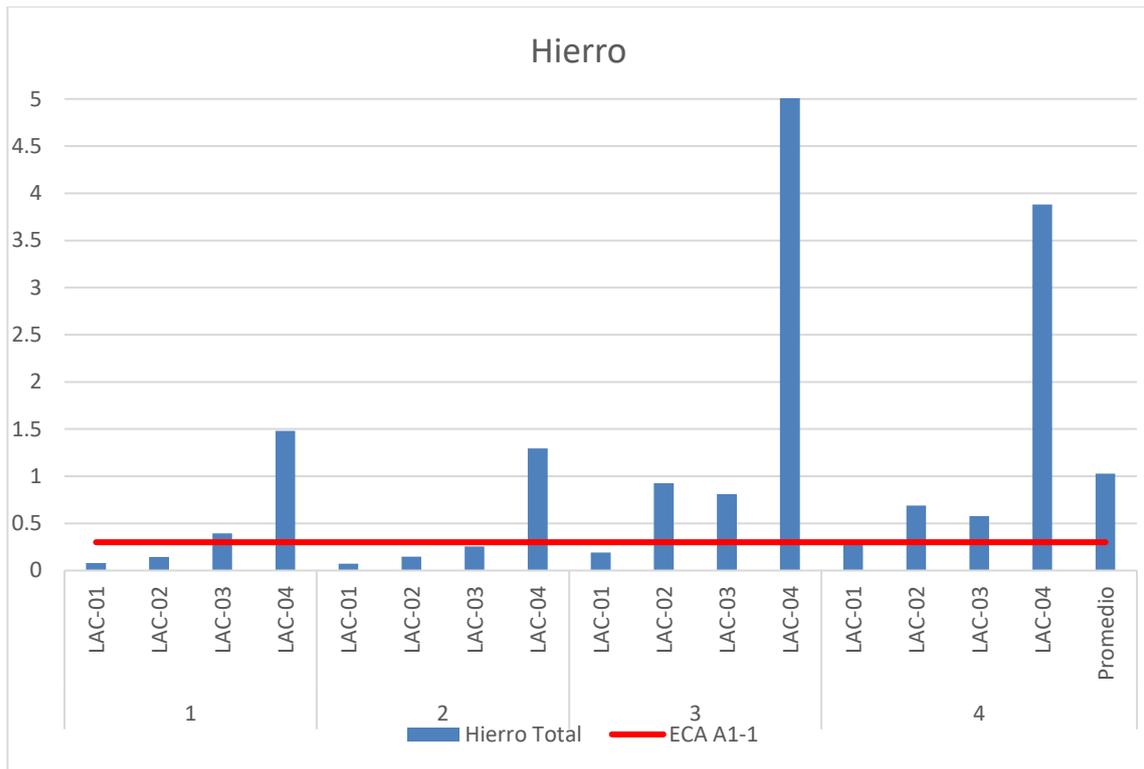


Figura 12: Concentraciones de Fe respecto al ECA

<b>Varianza</b>	<b>2.1142</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>1.4540</b>
<b>Máximo</b>	<b>5.1860</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0.0730</b>

De la tabla 12 y figura 11 se puede observar que en promedio la concentración de hierro (1.026 mg/L) supera, en más de tres veces, la concentración estipulada en los ECA de agua para la categoría 1-A1. Además, las concentraciones en la estación LAC-04 y LAC-03 fueron mayores que al resto de estaciones muestreos. El valor más alto de hierro registrado (0.20779mg/l) fue en la estación LAC-04 y el valor más bajo registrado (0.00294mg/l) fue en la estación LAC-01 en el tercer periodo.

El hierro y el aluminio superan la normativa en el último monitoreo lo cual podría deberse a la presencia de polvo atmosférico originado por la meteorización de rocas y minerales. De acuerdo con Ward et al. (2011) estos dos metales presentan un comportamiento sinérgico, donde las concentraciones del hierro son amplificadas por el aluminio y viceversa.

En cuanto a los efectos de estos metales en la salud, Quijano et. al. (2010) afirman que la presencia de sustancias tóxicas y cancerígenas en el aire que respiramos aumentan las enfermedades respiratorias y cardíacas, asma, bronquitis, cáncer y disminución del funcionamiento pulmonar.

Asimismo, dentro de la categoría de sustancias tóxicas, existen algunos metales como el aluminio, cadmio, plomo y hierro que se caracterizan por sus efectos cancerígenos y mutagénicos. Las posibles fuentes de contaminación en la RNL son de origen natural y antrópico, entre las cuales se destacan la erosión de los suelos causada por el viento que, a su vez, transporta material particulado fino cuya composición química incluye compuestos orgánicos e inorgánicos (McGlade, 2013). Y dentro de las principales fuentes antrópicas de emisión de metales se encuentra el tráfico automotor y la actividad industrial (Machado et. al., 2008).

#### **e) Plomo**

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de plomo en el agua de niebla y luego son comparados con la ECA 1-A1 (0.01 g/L)

**Tabla 13 *Plomo en el agua de niebla***

N° de muestreo	Neblinómetro	Plomo Total	Unidad
1	LAC-01	0.0357	mg/L
	LAC-02	0.1316	mg/L
	LAC-03	0.0831	mg/L
	LAC-04	0.3072	mg/L
2	LAC-01	0.0247	mg/L
	LAC-02	0.0608	mg/L
	LAC-03	0.0301	mg/L
	LAC-04	0.9114	mg/L
3	LAC-01	0.0356	mg/L
	LAC-02	0.1325	mg/L
	LAC-03	0.0793	mg/L
	LAC-04	1.4487	mg/L
4	LAC-01	0.03	mg/L
	LAC-02	0.1628	mg/L
	LAC-03	0.0551	mg/L
	LAC-04	0.4671	mg/L
<b>Promedio</b>		<b>0.250</b>	mg/L

Fuente: Elaboración propia

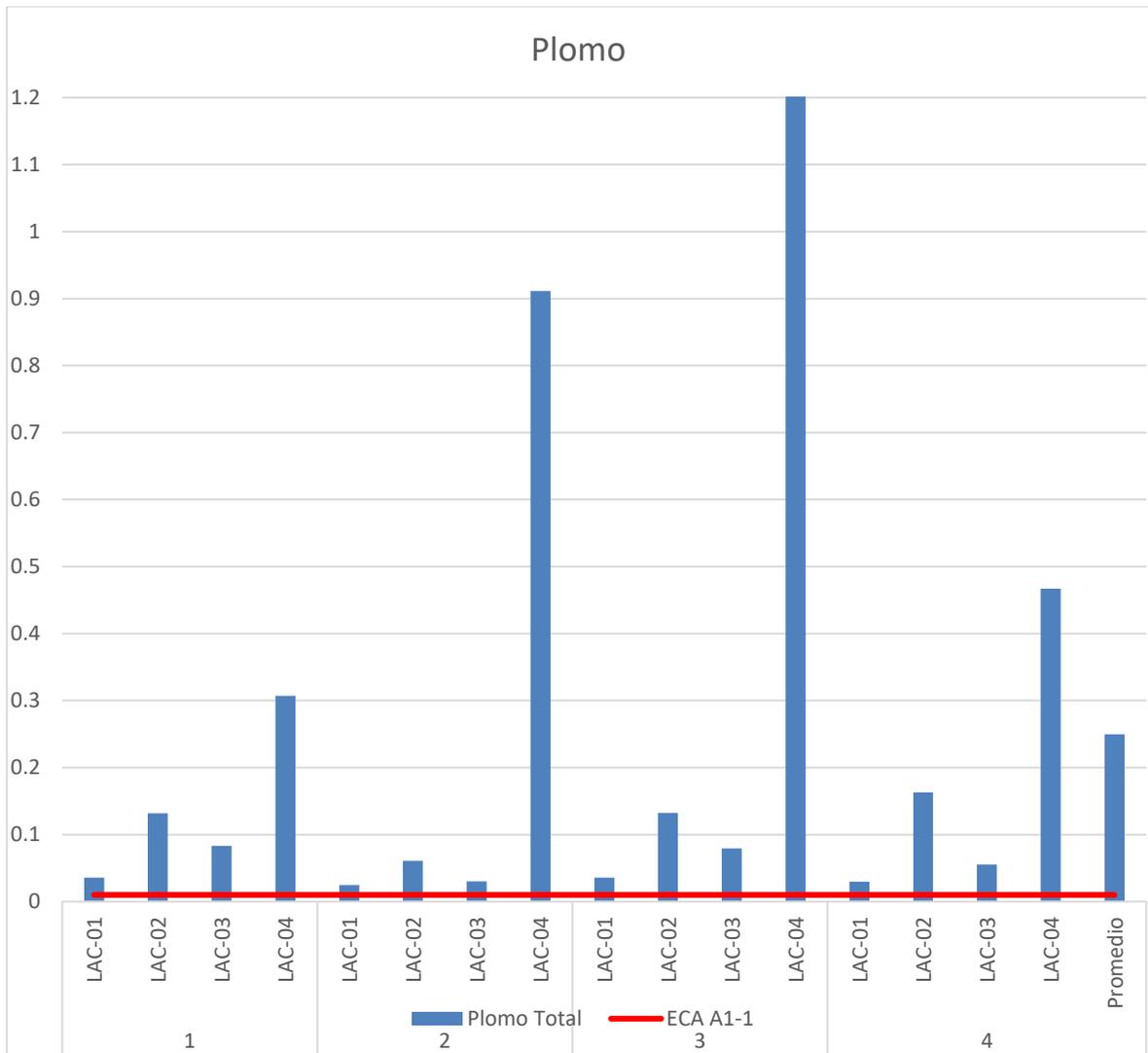


Figura 13: Concentraciones de Pb respecto al ECA

<b>Varianza</b>	<b>0.1554</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>0.3942</b>
<b>Máximo</b>	<b>1.4487</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0.0247</b>

De la tabla 13 y figura 9 se puede observar que en promedio la concentración de plomo (0.250 mg/L) supera, en más de 25 veces, la concentración estipulada en los ECA de agua para la categoría 1-A1. Además, las concentraciones en la estación LAC-04 y LAC-03 fueron mayores que al resto de estaciones muestreos. El valor más alto de plomo registrado (1.4487 mg/l) fue en la estación LAC-04 y el valor más bajo registrado (0.0247 mg/l) fue en la estación LAC-01 en el tercer periodo.

## CONCLUSIONES

Luego de haber realizado la evaluación se concluyó lo siguiente:

- Se determinó que están presentes cinco metales totales: aluminio, cadmio, hierro, plomo y arsénico en las cuatro estaciones evaluadas durante los meses de octubre a noviembre del 2018. Los promedios de los cinco metales superan los valores referenciales establecido en los Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA-agua), categoría 1, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. El plomo con un promedio de 0.250 mg/L, supera en más de 25 veces el ECA. Seguido del cadmio con un promedio de 0.042 mg/L supera en más de 14 veces el ECA. Luego el arsénico y hierro superan en más de tres veces el ECA, con un promedio de 0.03319 mg/L y 1.0257 mg/L respectivamente. Finalmente, el aluminio supera ligeramente el ECA, con un promedio de 1,174 mg/L.
- Los valores más altos de contenidos de metales fueron encontrados en la estación LAC-04 ubicada a 180 m.s.n.m, seguido de la estación LAC 03, la cual fue instalada a 310 m.s.n.m. Lo cual se puede atribuir a la actividad antrópica presente en la zona sin descartar que también se pueden relacionar a las fuentes naturales y meteorológicas (dirección del viento).
- Los metales presentes en agua de niebla, transportada por el aire, en altas concentraciones representan un riesgo para la salud humana de los trabajadores y visitantes de Las Lomas de Lachay. Estos elementos tóxicos pueden estar ingresando al respirar. En cuanto a los efectos de estos metales en la salud, Quijano et. al. (2010) afirman que la presencia de sustancias tóxicas y cancerígenas en el aire que respiramos aumentan las enfermedades respiratorias y cardíacas, asma, bronquitis, cáncer y disminución del funcionamiento pulmonar. Asimismo, dentro de la categoría de sustancias tóxicas, existen algunos metales como el aluminio, cadmio,

plomo y hierro que se caracterizan por sus efectos cancerígenos y mutagénicos.

- La exposición a los metales encontrados en el agua de niebla se incrementaría si se utilizara el agua de niebla sin tratamiento para el consumo humano directo o riego de vegetales.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el agua de niebla en las Lomas de Lachay sea tratada para reducir las concentraciones de metales que representan un riesgo para la salud ya que las concentraciones de metales como As, Zn, Cr, Cu, V, Ni, Al, Cd, Pb y Fe que superan los estándares de calidad ambiental tienen grandes efectos negativos en la salud de las personas, en especial en niños y adultos mayores (Machado et. al., 2008).
- Mantener un monitoreo mensual de las concentraciones de metales presentes en el agua atmosférica (niebla y rocío) y en el aire.
- Realizar un inventario de fuentes de contaminación de metales, sean fuentes naturales y/o antrópicas.
- Ampliar la evaluación del potencial de generación de agua a partir de niebla utilizando y tratamientos de este recurso para que cumpla con la calidad del uso que se le decida dar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armendariz, M. D. (2013). Diseño y construcción de un prototipo de captación de agua atmosférica para su aprovechamiento en comunidades con difícil acceso al agua potable. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2262/1/UDLA-EC-TIAM-2013-05.pdf>

Cereceda, P., Hernández, P., Leiva, J., & Rivera, J. (2014). Agua de Niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en Zonas Áridas y Semiáridas. Chile.

Composición Química del Agua de Lluvia y de Niebla. (s.f.). Obtenido de <file:///C:/Users/pc%20A.G.A/Downloads/Dialnet-ComposicionQuimicaDelAguaDeLluviaYDeNieblaRecolect-5381221.pdf>

Jofre-Meléndez, R., Cervantes-Pérez, J., & Barradas, V. L. (2012). Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México: resultados preliminares.

Madrigara, P. (2017). Evaluación del potencial de neblina mediante el sistema de atrapanieblas en las lomas de Ancón durante el evento del niño, en el distrito de Ancón, provincia de Lima periodo 2015-2016. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAM\\_220263a784aa8e9e32d3070ceba9a0d8](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAM_220263a784aa8e9e32d3070ceba9a0d8)

Municipalidad de Lima. (2019). EXPEDIENTE TÉCNICO Propuesta de Área de Conservación Regional Sistema de Lomas de Lima". Lima.

Pascual-Aguilar, J. A., Payano, R., Francisca Naranjo, M., & Medrano Perez, O. R. (2011). TECNOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/257199788\\_TECNOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_RECOLECCION\\_DE\\_AGUA\\_DE\\_NIEBLA](https://www.researchgate.net/publication/257199788_TECNOLOGIA_PARA_LA_RECOLECCION_DE_AGUA_DE_NIEBLA)

Vargas Marcos, F. (2005). LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL COMO FACTOR DETERMINANTE DE LA SALUD. Revista Española de Salud Pública.

Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

S. Baquero et al. (2018) "Evaluación de la calidad de agua de niebla recolectada en Choachí, Colombia", Inventum, vol. 13, no. 25, pp. 53-60. Obtenido de doi: 10.26620/uniminuto.inventum.13.25.2018. 53-60

AYERS, R.S. y D.W. WESTCOT. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Manual 29, rev.1, FAO Ed., Roma, Italia, 174pp. Obtenido e <http://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.html>

Careceda, P. (2014). Agua de Niebla. Impresora La Discusión S.A.

Jury, W. A., & Vaux, H. (2005). The role of science in solving the world's emerging water problems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(44), 15715-15720.

Machado, A., García, N., García, C., Acosta, L., Córdova, A., Linares, M., . . . Velásquez, H. (2008). CONTAMINACIÓN POR METALES (Pb, Zn, Ni y Cr) EN AIRE, SEDIMENTOS VIALES Y SUELO EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO VEHICULAR. *Int. Contam. Ambient*, 24(4), 171-182. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v24n4/v24n4a3.pdf>

Sánchez, C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2).

Ramírez, R., Caro, K., Córdova, S., Duárez, J., Cano, A., Arana, C., & Roque, J. (1999). Respuesta de *Bostryx conspersus* y *Succinea peruviana* (Mollusca, Gastropoda) al evento "El Niño 1997-98" en las lomas de Lachay (Lima, Perú). *Revista Peruana de Biología*, 6(3), 143-151.

Quijano, A., Quijano, M., & Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado- fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Bistua*, 8(1), 53-66. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/903/90315226007/>

Ward, R. J., Zhang, Y., & Crichton, R. R. (2001). Aluminium toxicity and iron homeostasis. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 87(1-2), 9-14.

## ANEXOS

### Anexo 1. Normativa peruana-ECA para agua destinada para consumo humano

Parámetros	Unidad de medida	A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
<b>INORGÁNICOS</b>		
Aluminio	mg/L	0,9
Antimonio	mg/L	0,02
Arsénico	mg/L	0,01
Bario	mg/L	0,7
Berilio	mg/L	0,012
Boro	mg/L	2,4
Cadmio	mg/L	0,003
Cobre	mg/L	2
Cromo Total	mg/L	0,05
Hierro	mg/L	0,3
Manganeso	mg/L	0,4
Mercurio	mg/L	0,001
Molibdeno	mg/L	0,07
Níquel	mg/L	0,07
Plomo	mg/L	0,01
Selenio	mg/L	0,04
Uranio	mg/L	0,02
Zinc	mg/L	3

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM ECA agua

## Anexo 2. Resultados de laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



### **INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1823633**

---

#### **SUMPA S.A.C.**

PJ. EL SOL NRO. 103 (ALTURA AV. EL SOL CON AV. GRAU) LIMA - LIMA - BARRANCO

ENV / LB-344747-003

PROCEDENCIA : LIMA

---

Fecha de Recepción SGS : 08-11-2018

Fecha de Ejecución : Del 08-11-2018 al 19-11-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
LAC-01A
LAC-01B
LAC-01C
LAC-01D
LAC-2A
LAC-2B
LAC-2C
LAC-2D

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 19/11/2018**

**Rocio J. Manrique Torres**  
C.I.P. 136634  
Coordinador de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1823633**

Estación de Muestreo
LAC-3A
LAC-3B
LAC-3C
LAC-3D
LAC-4A
LAC-4C
LAC-4D



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1823633**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					LAC-01A	LAC-01B	LAC-01C
FECHA DE MUESTREO					12/10/2018	19/10/2018	26/10/2018
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUBCATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFERICA (LLUVIA O PLUVIAL)	AGUA SUPERFICIAL AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFERICA (LLUVIA O PLUVIAL)	AGUA SUPERFICIAL AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFERICA (LLUVIA O PLUVIAL)
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Metales Totales</b>							
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	0.076	0.082	0.228
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00148	0.00159	0.00162
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00813	0.01132	0.01790
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0286	0.0441	0.0347
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.029	0.043	0.048
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01245	0.00878	0.00413
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	13.384	19.711	14.552
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024	0.00028
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00060	0.00073	0.00082
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01047	0.01228	0.01642
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.03483	0.03231	0.01632
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0501	0.0780	0.0619
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	0.183	0.146	0.338
Gaio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00017	<0.00012	0.00014
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0785	0.0730	0.1899
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0017	0.0017	0.0018
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	4.278	7.466	6.567
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.10828	0.09440	0.09133
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00076	0.00096	0.00123
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0040	0.0045	0.0044
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010	<0.000010



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1823633**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					LAC-01A	LAC-01B	LAC-01C
FECHA DE MUESTREO					12/10/2018	19/10/2018	26/10/2018
HORA DE MUESTREO					11:00:00	11:00:00	11:00:00
CATEGORIA					AGUA NATURAL	AGUA NATURAL	AGUA NATURAL
SUBCATEGORIA					AGUA SUPERFICIAL AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFERICA (LLUVIA O PLUVIAL)	AGUA SUPERFICIAL AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFERICA (LLUVIA O PLUVIAL)	AGUA SUPERFICIAL AGUA DE DEPOSICIÓN ATMOSFERICA (LLUVIA O PLUVIAL)
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
<b>Metales Totales</b>							
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0357	0.0247	0.0356
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	1.99	2.79	2.83
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0015	0.0017	0.0020
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0040	0.0041	0.0047
Silice Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	1.23 *	1.46 *	1.73 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	0.58	0.68	0.81
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	29.141	52.427	47.022
Taño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00007	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021	<0.0021
Tekuro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0028	0.0029	0.0084
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0118	0.0117	0.0148
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0839	0.1497	0.1507
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045

## Anexo 3. Límite de detección del ICP-MS



## COTIZACIÓN DE ANÁLISIS

COTIZACIÓN N° LB -357595 - 001  
 SOLICITANTE SUMPA S.A.C.  
 ATENCIÓN Nataña Sierra  
 DIRECCIÓN FISCAL PJ. EL SOL NRO. 103 (ALTURA AV. EL SOL CON AV. GRAU) - BARRANCO

DIRECCIÓN DEL SERVICIO -----

ASUNTO ANÁLISIS AMBIENTALES  
 FECHA miércoles, 19 de diciembre del 2018

ANÁLISIS	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACION	ACREDITACIÓN / ALCANCE (*)	PRECIO UNITARIO	# MUESTRAS	FRECUENCIA	PRECIO TOTAL
<b>PRESENTACIÓN / CATEGORIA/SUB CATEGORIA</b>					<b>AGUA SUPERFICIAL</b>			
Metales Totales_EPA200.8	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.	CUADRO 1	CUADRO 1	Acreditado NTP-ISO/IEC 17025:2005 / AB, ALA, AP, ARD, ARI, ARM, AS, ASUB	S/. 74.34	8	1	S/. 594.72
<b>SUB TOTAL</b>								<b>S/. 594.72</b>

Alcance de acreditación según NTP 214.042. ASUB: Agua subterránea, AS: Agua superficial, ADR: Agua de río, ARD: Agua residual doméstica, ARI: Agua residual industrial, ARM: Agua residual municipal, AB: Agua de bebida, AP: Agua de piscina, ALA: Agua de laguna artificial, AM: Agua de mar, ASL: Agua salobre, SAL: Salmuera, ARIE: Agua de inyección y reinyección (Agua salina), ACE: Agua de circulación o enfriamiento, AAC: Agua de alimentación para calderas, AC: Agua de caldera, AL: Agua de lavación, APR: Agua purificada, AIRP: Agua de inyección y reinyección (Proceso).

(---) No acreditado

<b>RESUMEN SUB-TOTALES</b>	
<b>AGUA SUPERFICIAL</b>	<b>S/. 594.72</b>
<b>TOTAL SERVICIO (Sin IGV 18%)</b>	<b>S/. 594.72</b>
<b>TOTAL SERVICIO (Incluido IGV 18%)</b>	<b>S/. 701.77</b>
<b>Vigencia de la cotización</b>	<b>1 mes</b>

Todo los servicios de SGS son presentados de acuerdo con las Condiciones Generales de Servicio de SGS Ver <http://www.sgs.pa/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>

La presente cotización está sujeta a las condiciones específicas adjuntas en el envío de este documento. Si vase enviarnos su conformidad via mail como señal de aceptación de la presente.

[ ] Representante SGS: JORGE LUIS BUENO R.

CUADRO 1	METALES TOTALES EPA200.8		
	SERVICIOS	UNIDAD	LÍMITE DE DETECCIÓN
Aluminio Total (mg/L)	mg/L	0.001	0.003
Antimonio Total (mg/L)	mg/L	0.00004	0.00013
Arsénico Total (mg/L)	mg/L	0.00003	0.0001
Bario Total (mg/L)	mg/L	0.0001	0.0003
Berilio Total (mg/L)	mg/L	0.00002	0.00006
Bismuto Total (mg/L)	mg/L	0.00001	0.00003
Boro Total (mg/L)	mg/L	0.002	0.006
Cadmio Total (mg/L)	mg/L	0.00001	0.00003
Calcio Total (mg/L)	mg/L	0.003	0.009
Cerio Total (mg/L)	mg/L	0.00008	0.00024
Cesio Total (mg/L)	mg/L	0.0001	0.0003
Cobalto Total (mg/L)	mg/L	0.00001	0.00003
Cobre Total (mg/L)	mg/L	0.00003	0.00009
Cromo Total (mg/L)	mg/L	0.0001	0.0003
Estañio Total (mg/L)	mg/L	0.00003	0.0001
Estroncio Total (mg/L)	mg/L	0.0002	0.0006
Fósforo Total (mg/L)	mg/L	0.015	0.047
Galio Total (mg/L)	mg/L	0.00004	0.00012

Germanio Total (mg/L)	mg/L	0.0002	0.0006
Hafnio Total (mg/L)	mg/L	0.00005	0.00015
Hierro Total (mg/L)	mg/L	0.0004	0.0013
Lantano Total (mg/L)	mg/L	0.0005	0.0015
Litio Total (mg/L)	mg/L	0.0001	0.0003
Lutecio Total (mg/L)	mg/L	0.00002	0.00006
Magnesio Total (mg/L)	mg/L	0.001	0.003
Manganeso Total (mg/L)	mg/L	0.00003	0.0001
Mercurio Total (mg/L)	mg/L	0.00003	0.00009
Molibdeno Total (mg/L)	mg/L	0.00002	0.00006
Niobio Total (mg/L)	mg/L	0.0005	0.0015
Niquel Total (mg/L)	mg/L	0.0002	0.0006
Plata Total (mg/L)	mg/L	0.000003	0.00001
Plomo Total (mg/L)	mg/L	0.0002	0.0006
Potasio Total (mg/L)	mg/L	0.04	0.13
Rubidio Total (mg/L)	mg/L	0.0003	0.0009
Selenio Total (mg/L)	mg/L	0.0004	0.0013
Silice Total (mg/L) *	mg/L	0.09	0.27
Silicio Total (mg/L)	mg/L	0.04	0.128
Sodio Total (mg/L)	mg/L	0.006	0.019
Talio Total (mg/L)	mg/L	0.00002	0.00006
Tantalio Total (mg/L)	mg/L	0.0007	0.0021
Teluro Total (mg/L)	mg/L	0.001	0.003
Thorio Total (mg/L)	mg/L	0.00006	0.00019
Titanio Total (mg/L)	mg/L	0.0002	0.0006
Uranio Total (mg/L)	mg/L	0.000003	0.00001
Vanadio Total (mg/L)	mg/L	0.0001	0.0003
Wolframio Total (mg/L)	mg/L	0.0002	0.0006
Yterbio Total (mg/L)	mg/L	0.00002	0.00006
Zinc Total (mg/L)	mg/L	0.0008	0.0026
Zirconio Total (mg/L)	mg/L	0.00015	0.00045

(\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA para las matrices en mención.