

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**“CALIDAD DE AGUA DEL RÍO RÍMAC SECTOR CHICLA, PROVINCIA DE  
HUAROCHIRI, DEPARTAMENTO DE LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORA**

**GIAN-CARLO GUILLERMO MAYCA ZEGARRA**

**ASESOR**

**DR. EDWIN JAIME GALARZA ZAPATA**

**JURADO**

**DR. NOÉ SABINO ZAMORA TALAVERANO**

**MG. GLADYS ROJAS LEÓN**

**MG. BENIGNO PAULO GOMEZ ESCRIBA**

**MG. CARMEN LUZ VENTURA BARRERA**

**LIMA - PERU**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicarle este trabajo a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar esta tesis, a mis padres y hermanos quienes con sus consejos y apoyo incondicional me incentivaron a seguir adelante y lograr la meta de titularme.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi eterno agradecimiento a Dios por brindarme la oportunidad de obtener este triunfo personal, por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante con mis metas.

A mis queridos padres Gaby y Wilber por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mi Alma Mater "Universidad Nacional Federico Villarreal", por la formación profesional brindada.

A mi asesor, el Dr. Edwin Galarza Zapata por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

A mis amigos que, por medio de sus valiosos comentarios y siempre buena disposición, ayudaron con la culminación de este trabajo de investigación.

A todos mis familiares por el apoyo que siempre me brindaron, y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de la tesis, a los cuales hago extensivo mis más sinceros agradecimientos.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Descripción y formulación del problema	14
1.1.0. Descripción	14
1.1.1. Formulación del problema	15
1.2. Antecedentes	16
1.2.0. Ámbito nacional	16
1.2.1. En el ámbito internacional	20
1.3. Objetivos	22
1.3.0. Objetivo general	22
1.3.1. Objetivo específico	22
1.4. Justificación	23
1.5. Hipótesis	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	24
2.1.0. Calidad de agua	24
2.1.1. Parámetros de calidad de agua	24
2.1.1.1. Parámetros de calidad física del agua	24

2.1.1.2.	Parámetros de calidad química del agua	29
2.1.1.3.	Parámetros de calidad bacteriológica del agua	36
2.2.	Agua Superficial	44
2.3.	Aguas residuales	44
2.4.	Fuentes puntuales y no puntuales de contaminación	45
2.5.	Monitoreo de agua	46
2.6.	Muestreo de campo	46
2.7.	Caudal	47
2.8.	Contaminación del agua	47
2.9.	Principales contaminantes del agua	49
2.10.	Estándar de calidad ambiental (ECA)	51
2.11.	Límite máximo permisible (LMP)	51
2.12.	Marco Legal	52
	<b>CAPÍTULO III: MÉTODOS</b>	<b>58</b>
3.1.	Tipo de investigación	58
3.2.	Ámbito temporal y espacial	59
3.2.1.	Ámbito temporal	59
3.2.2.	Ámbito espacial	59
3.3.	Variables	60
3.4.	Población y muestras	61
3.5.	Procedimientos	61
3.6.	Análisis de datos	65
3.7.	Características del área de estudio	66

3.7.1.	Localización del área de estudio	66
3.7.2.	Vías de acceso	68
3.7.3.	Geomorfología	68
3.7.4.	Geología	70
3.7.5.	Fisiografía	73
3.7.6.	Clima	73
3.7.7.	Ecología	74
3.7.8.	Descripción poblacional y de servicios básicos	76
3.7.8.1.	Población	76
3.7.8.2.	Vivienda	82
3.7.8.3.	Agua	83
3.7.8.4.	Salud	84
3.7.8.5.	Educación	86
3.7.9.	Actividades Minero Metalúrgicas en la cuenca	88
	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>89</b>
4.1.	Estudio de la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla	89
4.2.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de metales pesados en época de avenida	92
4.2.1.	Variación de la concentración de metales pesados en época de avenida	98
4.2.2.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de metales pesados en época de estiaje	113
4.2.3.	Variación de la concentración de metales pesados en época de estiaje	121

4.3.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de elementos microbiológicos en época de avenida	138
4.3.1.	Variación de las concentraciones de elementos microbiológicos en época de avenida	143
4.3.2.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de elementos microbiológicos en época de estiaje	146
4.3.3.	Variación de las concentraciones de elementos microbiológicos en época de estiaje	153
4.4.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de parámetros físico-químicos en época de avenida	157
4.4.1.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de parámetros físico-químicos en época de estiaje	163
4.4.2.	Resultados de monitoreo y análisis de las concentraciones de parámetros físico-químicos en época de estiaje - periodo 2019	169
4.4.3.	Determinación de fuentes contaminantes	172
	<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>173</b>
	<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES</b>	<b>177</b>
	<b>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES</b>	<b>181</b>
	<b>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>182</b>
	<b>CAPÍTULO IX: ANEXOS</b>	<b>184</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1	Variables Independientes	60
2	Variables Dependientes	60
3	Clasificación Climatológica de Koppen	74
4	Provincia de Huarochirí y sus Distritos	79
5	Concentración de Metales en Época de Avenida Año 2010	93
6	Concentración de Metales en Época de Avenida Año 2011	94
7	Concentración de Metales en Época de Avenida Año 2012	95
8	Concentración de Metales en Época de Avenida Año 2013	96
9	Concentración de Metales en Época de Avenida Año 2014	97
10	Concentración de Metales en Época de Avenida Año 2016	98
11	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2010	114
12	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2011	115
13	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2013	116
14	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2014	117
15	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2015	118
16	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2017	119
17	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2018	120
18	Concentración de Metales en Época de Estiaje Año 2019	121
19	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Avenida Año 2011	139
20	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Avenida Año 2012	140

21	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Avenida Año 2013	141
22	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Avenida Año 2014	142
23	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Avenida Año 2016	143
24	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Estiaje Año 2011	147
25	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje Año 2013	148
26	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje Año 2014	149
27	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje Año 2015	150
28	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje Año 2017	151
29	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje Año 2018	152
30	Concentración de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje Año 2019	153
31	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida Año 2011	158
32	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida Año 2002	159
33	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida Año 2013	160
34	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida Año 2014	161
35	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida Año 2016	162
36	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje Año 2013	164
37	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje Año 2014	165
38	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje Año 2015	166
39	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje Año 2017	167
40	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje Año 2018	168
41	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje Año 2019	171
42	Presencia de Metales en los años de Estudio de la Presente Investigación	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Distrito de Chicla	78
2	Población del Distrito de Chicla	78
3	Población Total Censada	80
4	Municipalidad del Distrito de Chicla	81
5	Mesa de diálogo Municipalidad Distrital de Chicla	81
6	Tipos de Material de Construcción de Viviendas	82
7	Servicios Básicos de Alumbrado Eléctrico	83
8	Tipos de Abastecimiento de Agua	84
9	Puesto de salud de Chicla	85
10	Afiliación a Algún Seguro de Salud	85
11	Nivel Educativo de la Población	87
12	Centro educativo del distrito de Chicla	87
13	Variación de Arsénico en Época de Avenida	99
14	Variación de Arsénico en Época de Avenida años 2011 y 2016	101
15	Variación de Cadmio en Época de Avenida	101
16	Variación de Cadmio en Época de Avenida años 2010 y 2016	103
17	Variación de Hierro en Época de Avenida	103
18	Variación de Hierro en Época de Avenida años 2010 y 2016	105
19	Variación de Manganeso en Época de Avenida	106
20	Variación de Manganeso en Época de Avenida años 2010 y 2016	108

21	Variación de Plomo en Época de Avenida	108
22	Variación de Plomo en Época de Avenida años 2010 y 2016	110
23	Variación de Aluminio en Época de Avenida	111
24	Variación de Aluminio en Época de Avenida años 2010 y 2016	112
25	Variación de Arsénico en Época de Estiaje	122
26	Variación de Arsénico en Época de Estiaje años 2011, 2018 y 2019	124
27	Variación de Cadmio en Época de Estiaje	125
28	Variación de Cadmio en Época de Estiaje años 2010, 2018 y 2019	126
29	Variación de Hierro en Época de Estiaje	127
30	Variación de Hierro en Época de Estiaje años 2010, 2018 y 2019	129
31	Variación de Manganeso en Época de Estiaje	130
32	Variación de Manganeso en Época de Estiaje años 2010, 2018 y 2019	132
33	Variación de Plomo en Época de Estiaje	133
34	Variación de Plomo en Época de Estiaje años 2010, 2018 y 2019	134
35	Variación de Antimonio en Época de Estiaje	135
36	Variación de Antimonio en Época de Estiaje años 2013, 2018 y 2019	137
37	Variación de Coliformes Termotolerantes en Época de Avenida	144
38	Variación de Coliformes Totales en Época Avenida	145
39	Variación de Coliformes Termotolerantes en Avenida años 2011 y 2016	146
40	Variación de Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje	154
41	Variación de Coliformes Totales en Época de Estiaje	155
42	Variación de Coliformes Termotolerantes en Estiaje años 2011, 2018 y 2019	156

## ÍNDICE DE MAPAS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Ubicación del proyecto de investigación	67
2	Ubicación del Distrito de Chicla	77
3	Ubicación de puntos de monitoreo	91

## **RELACIÓN DE ANEXOS**

Registro Fotográfico.

Resultados del Monitoreo Realizado para la Presente Investigación.

Solicitudes de Acceso a la Información Pública, a través de la Ley de Transparencia.

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis de investigación es determinar la calidad del agua del río Rímac, ubicado en el Distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima. Por dicho motivo, se ha realizado la evaluación de información histórica, correspondiente al periodo 2010-2018, del monitoreo ejecutado como parte del programa de vigilancia de la calidad de los recursos hídricos de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), por la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental(OEFA) y por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). Asimismo, como parte de la investigación, se realizó un (01) monitoreo de la calidad del agua del río Rímac en época de estiaje, correspondiente al periodo 2019.

La determinación de la calidad del agua radica en la identificación de elementos metálicos, microbiológicos (Coliformes termotolerantes y Coliformes totales) y físico-químicos (pH, conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, demanda química de oxígeno y sólidos totales), que afecten la integridad de su composición, así como a las posibles fuentes de contaminación que ocasionan la presencia de los elementos mencionados.

En la zona de investigación se realizan distintas actividades económicas como la minería, la agricultura, la ganadería y el comercio, actividades que impactan de manera negativa en la calidad del agua del río Rímac, a partir de la descarga de aguas residuales y el depósito de residuos sólidos en el cuerpo receptor.

Una vez obtenidos los resultados, fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (Categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2), sujetos a lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua.

*Palabras clave: elementos metálicos, parámetros físico-químicos, parámetros microbiológicos, estándar de calidad ambiental, Decreto Supremo.*

## ABSTRACT

The objective of this research thesis is to determine the Rímac River water quality, located in the District of Chicla, Province of Huarochirí, Department of Lima. For this reason, has been carried out the evaluation of historical information, corresponding to the period 2010-2018, of the monitoring performed as part of the monitoring program of the quality of water resources of the Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), by the Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH) of the Autoridad Nacional del Agua (ANA), by the Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental(OEFA) and the Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). Likewise, as part of the investigation, one (01) monitoring of the Rímac River quality water was carried out during the dry season, corresponding to the 2019 period.

The determination of the water quality lies in the identification of metallic, microbiological (thermotolerant coliforms and total coliforms) and physical-chemical (pH, conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, temperature, chemical oxygen demand and total solids) elements, which affect the integrity of its composition, as well as the possible sources of contamination that cause the presence of the elements mentioned.

In the research area, activities such as mining, agriculture, livestock and commerce are developed, activities that have a negative impact on the Rímac River water quality, as consequence of the discharge of wastewater and the deposit of solid waste in the river.

Once the results were obtained, they were compared with the Environmental Quality Standards (ECA) for water (Category 1: Population and Recreational, sub-category A-2), subject to the

established by the Supreme Decree N° 004-2017-MINAM, decisive environmental legal references for the analysis of water quality.

**Keywords: metallic elements, physio chemical parameters, microbiological parameters, environmental quality standards, Decreto Supremo.**

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

El agua se considera un recurso renovable pues se renueva constantemente a través del ciclo hidrológico. Sin embargo, esto no significa que es infinito. El agua es un recurso vital que se encuentra presente en todas las actividades cotidianas del ser humano, por lo tanto, su gestión debe ser un tema prioritario para garantizar la seguridad hídrica y promover el desarrollo de los países (Global Water Partnership Centroamérica, 2011). Actualmente la disponibilidad del recurso agua, es motivo de preocupación no solo de expertos científicos, ni de especialistas en la materia o gobernantes, sino de la humanidad entera, que ha reconocido y comprendido la importancia que este vital recurso tiene para asegurar la vida del planeta (Custodio, 2012). En la actualidad el agua dulce es escasa, imprescindible para la existencia de la vida, e insustituible para la vida de todos los seres vivos.

El río Rímac, perteneciente a la vertiente del Pacífico, nace en las alturas de la sierra, exactamente en Ticlio, alimentada por las aguas de los lagos Ticticocha y Leoncocha, se encuentra ubicado en el departamento de Lima. Su importancia está dada debido al rol fundamental como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola y energético para la población de Lima metropolitana. El río Rímac recorre diferentes distritos desde su origen en Ticlio (Chicla, San Mateo, Matucana, Surco, Huanza y Carampoma), de los cuales recibe a diario concentraciones de contaminantes que alteran la calidad de sus aguas.

El distrito de Chicla, ubicado en la provincia de Huarochirí, del departamento de Lima, es el primer distrito que recorre el río Rímac; distrito en el cual la principal actividad económica llevada es la minero metalúrgica, y donde observamos una significativa contaminación de los recursos hídricos por el vertimiento de efluentes procedentes de la minería en los cuerpos receptores. Asimismo,

existen otras fuentes de contaminación como: descargas de aguas residuales domésticas generadas por la población, falta de servicio de alcantarillado, disposición inadecuada de residuos sólidos domésticos, lo que ha traído como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas y la desaparición de especies de flora y fauna. Motivo por el cual se ha impulsado el desarrollo de la presente tesis de investigación.

En el presente trabajo de investigación se ha realizado un análisis de la situación actual de la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla, el cual constituye importante ámbito de estudio, reconocer cuáles son los elementos físico-químicos, metálicos y microbiológicos con mayor concentración que se encuentren por encima de lo establecido en los ECA para agua respecto a la categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2 durante los años 2010 – 2018 y 2019, con el fin de dar a conocer si en mencionado periodo de estudio la calidad de agua del río Rímac, Sector Chicla ha mostrado mejoras o muestra una afectación; del mismo modo utilizamos los resultados de los monitoreos de la calidad de agua proporcionados por DIGESA, AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, OEFA y SEDAPAL. Cabe mencionar que como parte de la investigación, se realizó un (01) monitoreo de la calidad del agua del río Rímac en época de estiaje, correspondiente al periodo 2019.

La tesis está estructurada en nueve capítulos: Capítulo I, en el cual se abordan los aspectos generales del presente trabajo de investigación, detallando así la formulación del problema, donde se plantea identificar cuál será la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla, seguido de los antecedentes ya sean nacionales e internacionales, los cuales nos servirán de referencia para realizar la discusión de resultados, los objetivos propuestos en la presente investigación, donde se busca determinar la calidad de Agua del río Rímac en el distrito de Chicla, y la justificación que se origina como efecto de la contaminación de las aguas del río Rímac; el Capítulo II, en el cual

se abordan las cuestiones teóricas necesarias para entender la importancia de realizar la presente tesis, donde hacemos un breve repaso de las bases teóricas sobre la calidad del agua, parámetros de calidad física, química y bacteriológica del agua, ECA aplicable a los cuerpos de agua. También se repasará el enfoque del Marco legal, donde se hace referencia de los Decretos Supremos, y leyes aplicables para el presente trabajo de investigación; en el Capítulo III, se define y aplica el método más adecuado para cumplir con el objetivo de esta tesis, donde el enfoque de investigación llevado es de tipo cuantitativo, con temporalidad longitudinal, que involucra recolección de datos, análisis de los mismos y conclusiones respectivamente. También se realiza el análisis de integración de las variables empleadas para la investigación, la elaboración de procedimientos que involucra la etapa de análisis de la información, la etapa de trabajo de campo, para finalmente elaborar el informe final.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos del estudio de la calidad del agua del río Rímac Sector de Chicla, luego de procesar los datos de los monitoreos del río Rímac durante los años 2010 - 2018 y 2019. Donde se detallan los resultados de monitoreos y análisis de las concentraciones de metales, parámetros físico-químicos y microbiológicos, tanto para época de avenida como para época de estiaje respectivamente. Se concluye el capítulo con la determinación de fuentes contaminantes que afectan y alteran la calidad del agua del río en el Sector de Chicla; en el Capítulo V, se realiza la discusión de resultados obtenidos en base al análisis y comparación de biografías Nacionales e Internacionales revisadas para la presente investigación.

En el Capítulo VI y VII, mediante el cual presentamos las conclusiones y recomendaciones en relación a los objetivos generales y específicos planteados al inicio de nuestra investigación, y finalmente el Capítulo VIII y IX donde precisamos las referencias y anexos correspondientes para la presente investigación.

## **1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.0. DESCRIPCIÓN**

El río Rímac es la principal fuente de agua de la cuenca que lleva el mismo nombre. La cuenca del río Rímac se encuentra emplazada en el ramal Occidental de la Cordillera de los Andes, entre las cumbres nevadas de Anticona, Pucacocha, Yuracocha, etc., y el borde del Océano Pacífico, teniendo geoméricamente 204 km de largo, con un ancho promedio de 16 km, y una superficie de 3 312 km<sup>2</sup>. La cuenca del Rímac limita al nor-este con la cuenca del río Mantaro, al sur-este con la cuenca del río Lurín, por el norte con la cuenca del río Chillón y por el sur-oeste con el Océano Pacífico (MINEM-DGAA, 1997).

La cuenca del Rímac se origina en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes a una altitud máxima de aproximadamente de 5 508 msnm en el nevado Paca y aproximadamente a 132 km al noreste de la ciudad de Lima, desembocando por el Callao, en el Océano Pacífico. El acceso es desde la ciudad de Lima por vía terrestre, a través de la carretera central. El área total de captación incluye aquella de sus principales tributarios, Santa Eulalia (1 097,7 km<sup>2</sup>) y Río Blanco (193,7 km<sup>2</sup>) tiene en total 191 lagunas de las cuales 89 han sido estudiadas (MINEM-DGAA, 1997).

La población de Lima es abastecida por las aguas del río Rímac, la cual proporciona gran cantidad de agua para satisfacer la gran demanda del recurso generado día a día en el departamento de Lima. Chicla es uno de los primeros distritos que recorre el río Rímac, cuenta con una intensa actividad minera.

El río Rímac recibe descargas contaminantes diariamente de tipo; doméstico, industrial, agropecuario y minero metalúrgico, provocando el deterioro de la calidad del agua. Dichas descargas también provienen de las actividades desarrolladas en el distrito de Chicla; se cuenta

con antecedentes de que los efluentes generados por la actividad minera en la zona de Chicla, han ido en crecimiento con el pasar de los años; es por ello que se realizó la presente investigación para saber cuál es el estado actual de la calidad del agua del río Rímac, y si existe afectación directa a la población de Chicla.

### **1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1.1. PROBLEMA PRINCIPAL**

- ¿Cuál es la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla, considerando el estudio de las fuentes contaminantes y el grado de concentración de los elementos metálicos, fisicoquímicos y microbiológicos?

#### **1.1.1.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- ¿Cuál es la concentración de elementos metálicos, parámetros físicos-químicos y microbiológicos existen en las aguas del río Rímac en el Sector Chicla entre los años 2010 a 2018?
- ¿Cuál será la concentración de los elementos metálicos, parámetros físicos-químicos y microbiológicos que se obtendrán del monitoreo de la calidad de Agua del río Rímac en el periodo 2019?
- ¿Cuáles son las principales fuentes contaminantes que afectan la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla?

## **1.2 ANTECEDENTES**

### **1.2.0. ÁMBITO NACIONAL**

- **PALACIOS, Alfredo (2013). "El Rio Rímac y su desgarrador Panorama"**. En el cual menciona que recibe residuales industriales de 30 vertimientos de unas 100 empresas de la carretera central. aguas residuales domesticas de 500 tuberías conectadas at rio y aguas residuales de riego, y hasta basura de 100 botaderos desde Chosica hasta el Callao (donde desemboca at mar). lo cual día a día contaminan at rio sin compasión convirtiéndolo entre los más contaminados de Sudamérica.
- **Juárez, H. (2012); en la tesis titulada "Contaminación del Rio Rímac por Metales Pesados y efecto en la agricultura en el Cono este de Lima Metropolitana"**, tuvo como objetivo: evaluar la calidad del agua de la cuenca del rio Rímac y determinar los riesgos e impactos en los suelos, agua y hortalizas en la localidad de Cara pongo. Llegando a la conclusión: Que al presente, ninguna muestra de agua sobrepasa los Límites Máximos Permisibles de As, Cd, Cr y Pb sugeridos para el regadío de hortalizas. La contaminación de suelos por aguas contaminadas presenta un riesgo importante en el consumo de hortalizas de follaje para As. El As puede ser fácilmente bio-acumulado hasta niveles riesgosos.
- **Castillo Ticllacuri Zulema (2014). En su Tesis titulada "Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo". Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima-Perú.** La calidad del agua del río Rímac es una preocupación constante ya que sus aguas, además de sus usos principales como agua potable y para generación de energía, satisfacen la demanda de riego de las tierras de uso agrícola que aún existen en los valles de la parte media y alta de su cuenca. Por tal motivo, se usaron los datos obtenidos por DIGESA y SEDAPAL del año 2011 en la parte alta de la cuenca para analizar la calidad espacial y temporal del agua, a

través de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canada) y el uso de dos métodos estadísticos (Correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales), considerando los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (ECA para agua).

- **La Dirección general de Salud Ambiental (DIGESA y SEDAPAL 2011)**, publican que en la cuenca alta del río Rímac existe explotación de plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio (CGR, 2007; DIGESA y SEDAPAL, 2011) que la actividad minera es intensa (Volcan Compañía Minera SAA- Unidad Ticlio, Empresa Minera Los Quenuales SA – Unidad Casapalca, Compañía Minera Casapalca SA., PERUBAR SA – Unidad Rosaura, compañía Minera San Juan (Perú) SA., etc.), de modo que un gran volumen de vertimientos tiene que ser evacuado; algunos de ellos vierten directamente al río, otros usan canchas de relaves y algunos otros a canales.
- **Becerra, R. (2010) en su estudio titulado “Síntesis de aspectos ambientales y propuesta de mitigación ambiental en la margen izquierda del río Rímac de cercado de Lima”**, que tuvo como objetivo contribuir a la reducción de la vulnerabilidad física, ambiental y socio económica, de la población de la Margen Izquierda del Río Rímac, mediante la implementación de una estrategia de investigación-acción participativa, menciona que la contaminación del agua del río Rímac, en el sector del Cercado de Lima, es de tipo biológico por la alta presencia de coniformes totales de los cuales aproximadamente el 80% es coliformes fecales (heces humanas y de animales).
- **DIGESA(2001), Dirección General de Salud Ambiental – En el estudio de investigación como parte de su programa de control y vigilancia de los recursos hídricos**, monitorea la cuenca del río Rímac con aproximadamente 23 estaciones, con la

finalidad de tener un control de la calidad de las aguas en función a la normatividad legal; para lo cual se han tomado muestras de parámetros físicos, químicos y biológicos con una frecuencia estacional teniendo como principales indicadores promedios: pH 7,9, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, oxígeno disuelto 7,6 mg/l, demanda bioquímica de oxígeno 4,23 mg/l, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, sólidos totales disueltos, plomo, cadmio, cobre, cromo, zinc, fierro, manganeso, arsénico, coliformes termotolerantes, coliformes totales y escherichia coli, según ECA categoría II para consumo humano.

- **En 1986, Ricardo A. Rojas, presentó a la Reunión Interamericana sobre el Control De Vertimientos de Sustancias Tóxicas en Sao Paulo, el estudio: Contaminación del río Rímac por Metales Pesados provenientes de la Industria Minera;** en donde se indicó que las aguas del río San Mateo y de la quebrada Parácar presentaban cantidades significativas de plomo y zinc y que sus aguas presentaban un incremento de estos metales aun cuando pasaban por lugares en donde no se observaba la descarga de vertimientos. Del estudio se tuvieron como conclusiones principales las siguientes: a) La actividad minera (efluentes líquidos y relaveras) aporta cantidades significativas de metales pesados y productos de origen orgánico a las aguas del río Rímac. b) El impacto de las aguas de mina es muy diferente al ocasionado por los relaves en un cuerpo receptor ya que las primeras presentan en su totalidad metales en disolución.
- **Entre los años 1999 al 2000, la Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental – OACA, elaboró el Plan de Gestión Ambiental para el Desarrollo Sustentable del distrito de San Mateo de Huanchor,** en donde se realizó un monitoreo comunitario de calidad de aguas; de dicho estudio se llegaron a las siguientes conclusiones: a) En la subcuenca del

Viso (microcuenca del río Rímac) se han detectado quebradas que presentan valores muy altos de conductividad eléctrica lo cual indica altos contenidos de sales en solución, b) Las aguas de las microcuencas del Párac y Viso tienen pH ácidos debido a las descargas provenientes de la actividad minera, c) Los nutrientes en el agua se encuentran por debajo del límite permisible, d) La presencia de nitratos, amonios y fosfatos se debe a la actividad agrícola, y e) Los metales pesados se encuentran presentes en el agua debido a la actividad minera preponderante en la cuenca alta del Rímac.

- **Guillén, O., et al (1998); en su investigación “Contaminación de las aguas del Río Rímac: Trazas de metales;** concluyen que los promedios anuales del plomo y el cadmio, se encontraron por encima de los niveles permisibles establecidos en la Ley General de Aguas; asimismo que el zinc y el cobre se encontraron por debajo de los niveles permisibles. Por lo cual la variación estacional del plomo, cadmio, zinc y cobre, presentes en la cuenca del Rímac, presentan sus valores mínimos en invierno y los máximos en el verano.
- **En el año 1997, con la publicación titulada “Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Rio Rímac”, a cargo de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros;** sé enfatiza que la actividad minero metalúrgica en la cuenca del Río Rímac se ubica principalmente en las provincias de Huarochirí y Lima, siendo los distritos de Chicla, San Mateo, Matucana, Surco, y Huanza los de mayor concentración de trabajos; en donde se resalta que los centros mineros más relevantes de la zona se encuentran ubicados en Tamboraque, Casapalca, Venturosa, Millontingo, Colqui, , Caridad, Lichicocha, Cocachacra y Pacococa.

### **1.2.1. EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL**

- **Gualdrón Durán Luis E. (2016). Evaluación de la Calidad de Agua de Ríos de Colombia Usando Parámetros Físico-químicos y Biológicos.** Se analizaron las características físicas, químicas y microbiológicas (coliformes totales, coliformes fecales y macroinvertebrados acuáticos) de diversos ríos de Colombia y se determinó el índice de calidad de agua (IQA) de los ríos estudiados. Se encontraron altos niveles de turbiedad y sólidos disueltos totales (SDT) sugiriendo que el agua de los ríos de Colombia no posee condiciones óptimas para el crecimiento y la reproducción de diversos organismos acuáticos. Además, se encontraron altos niveles de coliformes fecales, asociado con la existencia de vertimientos de aguas residuales, indicando que gran parte del agua de los ríos de Colombia, no es apta para consumo humano.
- **Gayoso et al., (2000), menciona que el agua es un recurso limitado en la naturaleza y ofrece una multiplicidad de usos que no siempre son compatibles entre sí.** Algunos usos extraen el agua de su ciclo natural por períodos largos de tiempo, otros por un tiempo corto y otros simplemente no extraen agua, aun cuando la usan (usos no extractivos).
- **SALUSSO, Maria (2005). "Evaluacion de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la Alta Cuenca del Juramento, Argentina".** La presente investigación determinó que el contenido de solidos (STS, turbidez) fue significativamente superior en las regiones donde la rigurosidad climática (valles calchaquies) o las practicas agricolas y el desmonte (parte inferior del Juramento) inciden sobre las cuencas de aportes.
- **Conferencia de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable Rio+20, en Junio de 2012 realizada en Rio de Janeiro-Brasil,** tuvo como una de sus conclusiones sobre el Agua y Saneamiento que, es necesario adoptar medidas para reducir considerablemente la contaminación de las aguas y aumentar la calidad del agua, mejorar notablemente el

tratamiento de las aguas residuales y el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos y reducir las pérdidas de agua. Destacan también la necesidad de asistencia y cooperación Internacional para lograr aquellos propósitos.

- **La Cumbre de la Tierra, organizada por las Naciones Unidas, en el año 2002 en Johannesburgo- África del Sur, sobre el Desarrollo Sostenible.** En ella los representantes de cada Estado asumieron la responsabilidad colectiva de impulsar y fortalecer en los ámbitos local, nacional, regional y global, los fundamentos del desarrollo sostenible: desarrollo económico, desarrollo social y protección ambiental. Así también se comprometieron a edificar una sociedad humana global, equitativa y solícita, consciente de la necesidad de dignidad humana para todos. Además, asumen la responsabilidad colectiva de impulsar y fortalecer en los ámbitos local, nacional, regional y global, los fundamentos del desarrollo sostenible.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.0. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la calidad de Agua del río Rímac en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima y su cumplimiento de acuerdo a lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para agua, durante el periodo 2010 al 2018 y 2019.

### **1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la concentración de los elementos metálicos, parámetros físicos-químicos, y microbiológicos de los resultados de los monitoreos históricos de la calidad de agua del río Rímac, durante los años 2010 al 2018, tomando como referencia a los niveles establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua, dado por el DS N° 004-2017-MINAM en función a la categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2.
- Realizar un monitoreo de la calidad de Agua del río Rímac en el periodo 2019, para calcular las concentraciones de los elementos metálicos, físicos-químicos y microbiológicos acorde al Estándar de calidad Ambiental para agua y el DS N° 004-2017-MINAM.
- Identificar las principales fuentes de contaminación que afectan la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación se origina como efecto de la contaminación de las aguas del río Rímac, por las descargas de efluentes industriales provenientes de la minería, por vertimientos generados por la presencia de pasivos ambientales mineros, por acumulación de desmontes, por

descargas de aguas residuales domésticas generadas por la población, y por la disposición inadecuada de residuos sólidos domésticos, para así dar a conocer que la presencia de elementos metálicos, parámetros físico-químicos y microbiológicos en concentraciones altas, deterioran la calidad del agua del río Rímac en el sector de Chicla.

Con el estudio de investigación planteado se desea conocer si el estado actual de la calidad del agua del río Rímac en el sector de Chicla ha mejorado en los últimos 10 años.

### **1.5. HIPÓTESIS**

El análisis de datos de los monitoreos de agua realizados en el período 2010 al 2018 y para el presente año 2019, nos permitirán conocer la variación de las concentraciones de elementos metálicos, parámetros físico-químicos y microbiológicos que alteran a la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla, con respecto al ECA para agua, categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. BASES TEÓRICAS**

#### **2.1.0. CALIDAD DE AGUA**

La calidad del agua está en relación con el propósito para el cual se emplea, el agua: de esta manera determinadas condiciones de uso señalan la adecuación de un cuerpo de agua (JAMES, DW., 1982). Se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006). Tras cortos o largos periodos de exposición (*Rojas, 2002*).

### **2.1.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.**

Para saber qué tan pura o qué tan contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad de agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos. Como se puede intuir existen muchos parámetros, muchas formas y varios métodos para medir dichos parámetros. Para obviar estos problemas, las agencias internacionales encargadas de vigilar y estudiar la calidad del agua han estandarizados los criterios y los métodos para realizar los análisis del agua en el laboratorio. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **2.1.1.1 PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICA DEL AGUA**

Se clasifican como parámetros físicos aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua.

##### **a. Turbiedad**

Según (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*). Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de

la luz. La turbiedad es producida por una gran variedad de causas. Entre ellas las más importantes pueden ser:

- La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por la industria o por desechos domésticos. Como se puede apreciar, la turbiedad tiene desde un origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como es el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto grado de material orgánico (microorganismos, limus, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas.

La turbiedad es importante en el tratamiento del agua potable por las siguientes razones:

- **Estética.** La presencia de turbiedad en el agua causa rechazo en el consumidor. Además, existen ciertos procesos industriales (fabricación de textiles, alimentos) que requieren agua exenta de turbiedad.
- **Selección de los procesos de tratamiento.** La turbiedad es un parámetro fundamental en la determinación de los procesos más adecuados para tratar el agua de abastecimiento. Procesos como coagulación, sedimentación y filtración se diseñan y operan teniendo en cuenta el valor de la turbiedad.
- **Filtración y cloración del agua.** La turbiedad puede incidir en la eficiencia de determinados procesos de tratamiento del agua, por ejemplo, la filtración y la desinfección. La filtración del agua se vuelve más difícil y costosa cuando la turbiedad es alta; la turbiedad obstruye los filtros, genera problemas de operación en el tratamiento del agua y ocasiona un aumento en la frecuencia de lavado de las unidades. Cuando la turbiedad es alta se necesitan dosis mayores de cloro para desinfectar el agua. Esto debido a que los microorganismos se ocultan entre las partículas de turbiedad por lo que se requieren mayores cantidades de cloro para eliminarlos.

La turbiedad se expresa en unidades de turbiedad. Una unidad de turbiedad es una cantidad patrón empírica producida al agregar 1 mg de SiO<sub>2</sub> a 1 litro de agua destilada. El turbidímetro de Jackson es el instrumento de laboratorio con el cual se mide la turbiedad. Cuando la turbiedad se mide con este instrumento, los resultados se dan en JTU.

## **b. Color**

El color en el agua puede considerarse como una característica independiente. Mientras que la turbiedad se considera ocasionada por partículas de gran tamaño (diámetros  $>10^{-3}$  mm), el color se considera generado por sustancias disueltas y por los coloides. Existe discrepancia entre los investigadores en cuanto a las causas que originan el color. El origen más aceptado es el que el color es producido, a excepción del ocasionado por las descargas industriales, por la descomposición natural de la materia vegetal de las plantas (humos) y por la disolución de ciertos minerales (especialmente hierro y manganeso) presentes en el subsuelo.

El color está clasificado como color verdadero y color aparente. Color aparente se considera al producido por el material suspendido mientras que color verdadero es el que permanece en el agua después de remover la turbiedad.

El color es importante en el tratamiento del agua porque su presencia causa rechazo en los consumidores aunque no ocasione problemas sanitarios, como es el caso del color de origen natural. Cuando el color es debido al vertimiento de desechos industriales se asocia a la presencia de sustancias tóxicas.

El color se expresa en unidades de color (UC). La unidad de color es la que se obtiene agregando 1 mg de cloroplatinato de potasio en 1 litro de agua destilada. El color se mide en el laboratorio utilizando los colorímetros. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **c. Visibilidad**

Se entiende por visibilidad la interferencia que producen los materiales suspendidos en el agua al paso de la luz. Se mide con el disco de Secchi y se reporta en unidades de longitud. Este parámetro realmente representa la profundidad de la zona fótica, es decir, la zona hasta donde penetra la luz en el agua y puede realizarse fotosíntesis<sup>7</sup>. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **d. Olor y sabor**

Se mencionan en conjunto por estar íntimamente ligados. Los olores y sabores en el agua están asociados con la presencia de sustancias indeseables causando el rechazo del consumidor. Los olores y sabores objetables se pueden deber a la presencia de plancton, compuestos orgánicos generados por las actividades de las bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia orgánica. Específicamente la sustancia que produce olores en la descomposición de la materia orgánica es el H<sub>2</sub>S. No existen instrumentos para determinar olores y sabores en el agua; generalmente estos se reportan en los análisis de aguas como presentes o no presentes.

A bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan que por el daño que pueda producir

al organismo. Concentraciones altas de olores molestos pueden reducir el apetito, producir náuseas y vómitos. También puede interferir o rebajar el valor de la propiedad, el aspecto estético o paisajístico de una región<sup>7</sup>. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **e. Temperatura**

La temperatura es talvés el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.)<sup>1</sup>. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **f. Sólidos**

Para dar un diagnóstico acerca de la calidad del agua, es necesario determinar la cantidad de material sólido que contiene la muestra.

Se presenta los diferentes tipos de sólidos que existen en la ingeniería de calidad del agua, como ejemplo, está el porcentaje en que comúnmente se encuentran en las aguas residuales.

El primer tipo de sólido de importancia para determinar la calidad del agua son *los sólidos totales (ST)*. Los ST se definen como todo el material que queda después de evaporar el agua a 105°C, es decir, ST es todo aquello presente en la muestra, excepto agua.

- ❖ *Los sólidos sedimentables* se definen como el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un período de 60 minutos. Los sólidos sedimentables se expresan en ml/L.

- ❖ *Los sólidos totales* se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La cantidad y naturaleza de los sólidos presentes en el agua varía ampliamente. En el agua la mayoría de los sólidos se hayan disueltos (SD) y consisten principalmente en sales y gases.
- ❖ *Los sólidos disueltos* se calculan pasando la muestra por un papel de filtro y luego determinando los sólidos totales del filtrado. Si se somete la muestra filtrada a evaporación en una mufla a aproximadamente 600°C y se pesa el residuo se obtienen los sólidos disueltos fijos (SDF). Por diferencia se determinan los sólidos disueltos volátiles (SDV).
- ❖ *Los sólidos suspendidos (SS)* se determinan restando los sólidos disueltos de los sólidos totales. . (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **2.1.1.2 PARÁMETROS DE CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA**

La calidad química está determinada por las sustancias de este tipo presentes en el agua recolectada en un punto específico y en un momento dado. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

A continuación se detalla algunos análisis químicos que se le hacen al agua.

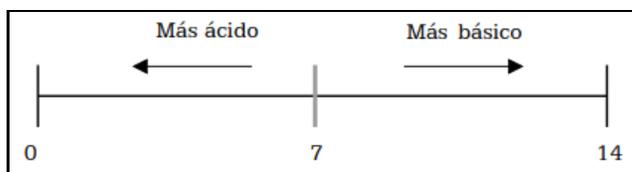
##### **a. pH**

El pH es una medida del contenido ion hidrogeno en medio acuoso. Las aguas que poseen un valor de pH superior a siete son alcalinas, y si es inferior son ácidas. El agua de los ríos que no está afectada por la contaminación presenta un pH entre 6.5 y 8.5, dentro del cual los organismos acuáticos capturan y liberan dióxido de carbono durante la fotosíntesis y respiración, respectivamente. (*Hem, 1985*).

El pH es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua o básicas del agua. Por convención está definido como:

$$pH = -\log[H^+]$$

Por análisis químicos se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14.



La escala de valores del pH se asemeja a la de un termómetro. Mientras que la escala de un termómetro mide la intensidad de calor, el pH mide la intensidad de la acidez o basicidad. Es importante decir que el pH mide el grado de acidez o de alcalinidad pero no determina el valor de la acidez ni de la alcalinidad. El pH se puede medir en el campo o en el laboratorio por medio de instrumentos electrónicos, PHchímetro. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

### **b. Acidez**

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para:

- Neutralizar bases.
- Capacidad para reaccionar con iones Hidroxilo.
- Capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas.

La determinación de la acidez es de importancia en Ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas y al costo que supone la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión.

El contenido de CO<sub>2</sub> es, también, un factor muy importante para la estimación de la dosis de cal y soda en el ablandamiento de aguas duras. En aguas naturales la acidez puede ser producida por el CO<sub>2</sub>, por la presencia de iones H<sup>+</sup> libres, por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrólisis de sales de ácido fuerte y base débil.

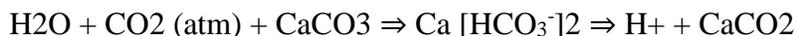
La causa más común de acidez en aguas es el CO<sub>2</sub>, el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de las reacciones de los coagulantes químicos usados en el tratamiento o de la oxidación de la materia orgánica, o por disolución del dióxido de carbono atmosférico. El dióxido de carbono es un gas incoloro, no combustible, 1.53 veces más pesado que el aire, ligeramente soluble en agua. *(OPCIT. Pág.73).*

### **c. Alcalinidad**

La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. La alcalinidad puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (sustancias caracterizadas por el radical OH<sup>-</sup>).

La alcalinidad se reconoce por la presencia de los iones, [OH<sup>-</sup>], [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] y [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]

En las aguas naturales la alcalinidad se debe a la presencia de iones [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] y [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] los cuales ingresan al agua debido a la acción del CO<sub>2</sub> sobre los materiales naturales del suelo.



Componente natural del  
suelo

Alcalinidad al  
bicarbonato

Alcalinidad  
al carbonato

La alcalinidad es importante en la calidad del agua por diferentes razones:

- En altas concentraciones le comunica un sabor desagradable al agua.

En presencia de iones de Ca o Mg (dureza) forma precipitados que ocasionan problemas de taponamiento y obstaculizan el flujo en las tuberías. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **d. Dureza**

Se consideran aguas duras a aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y en otras unidades en las cuales se incrementó la temperatura del agua.

Se considera que la dureza es causada por los iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones.

En menor grado  $Al^{+++}$  y  $Fe^{+++}$  son considerados como iones causantes de dureza. En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. . (*OPCIT. Pág.75-76*).

La dureza se mide en el laboratorio por titulación (método del EDTA) y los resultados se reportan en mg/L de  $CaCO_3$ . (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **e. Grasas**

Se denomina grasas a una amplia variedad de sustancias orgánicas que se extraen de soluciones acuosas y/o en suspensión. Comúnmente, se pueden considerar grasas compuestos como los

hidrocarburos, esterres, aceites, ceras y ácidos grasos de alto peso molecular, dado que todos estos compuestos son solubles al hexano. Se utiliza el hexano en la prueba de laboratorio para medir las grasas porque es un buen solvente y tiene un mínimo poder solvente para otros compuestos orgánicos.

Las grasas son generadas o llegan al agua por actividades antrópicas, y su presencia y medición están relacionadas principalmente con actividades que tienen que ver con el manejo de aguas residuales. Normalmente, las empresas operadoras de los sistemas de alcantarillado no permiten el vertimiento de aguas residuales con contenidos de grasas superiores a 100 mg/L. Lo anterior debido a que las grasas obstruyen las tuberías y presentan problemas en la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En aguas naturales, la presencia de grasas inhibe el paso de la luz y del oxígeno disuelto en el agua, además, de que se adhieren a las branquias de los peces.

En términos prácticos, para diferenciar las grasas de los aceites, las grasas son consideradas desechos sólidos mientras que los aceites líquidos. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **f. Nitrógeno**

El nitrógeno (N) así como el fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Debido a que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas será preciso conocer datos sobre presencia de nitrógeno en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante los procesos biológicos.

*El nitrógeno total* está compuesto de nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. La prueba más común de determinación de nitrógeno es el Kjeldahl (NTK). El NTK determina la concentración de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **g. Fósforo**

El fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en las aguas superficiales ocurren nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés por limitar la cantidad de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y por escorrentía.

Las formas más frecuentes en que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, el polifosfato y los fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos como  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Los ortofosfatos son la forma más importante de fósforo en el agua debido a que se encuentran disueltos en el agua y esta manera son aprovechados por las plantas. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

#### **h. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

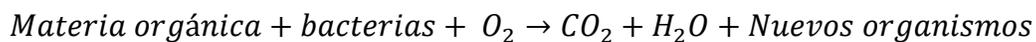
El parámetro más ampliamente utilizado para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua es la demanda bioquímica de oxígeno. La DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia orgánica. La prueba más conocida es la  $\text{DBO}_5$ . Esta prueba se realiza

incubando la muestra de agua en el laboratorio y al cabo de cinco días se mide el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, y los resultados se reportan en mg/L de oxígeno consumido<sup>19</sup>.

La prueba o datos de BDO se utiliza para:

- Determinar la cantidad de oxígeno requerida para biológicamente estabilizar la materia orgánica. Con este dato se diseñan los equipos de aireación de los procesos de lodos activados.
- Dimensionar las unidades de tratamiento de agua.
- Medir la eficiencia de algunos de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Durante el proceso de desoxigenación o estabilización de la materia orgánica, el consumo de oxígeno está descrito por la ecuación<sup>2</sup>:



#### **i. Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO es una prueba ampliamente utilizada para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos<sup>20</sup>. (*Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*).

### **2.1.1.3 PARÁMETROS DE CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA**

El agua destinada al consumo humano y uso doméstico debe estar libre de patógenos. La mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua tienen su origen en la ingestión de agua contaminada por microorganismos de origen fecal. (*Henry y Heinke, 1999*).

- **Coliformes Termotolerantes**

Los Coliformes Termotolerantes son un subgrupo de bacterias entéricas, que fermentan la lactosa a altas temperaturas de incubación (44.5 °C). Este grupo consiste principalmente de bacterias como *Escherichia coli*, *Enterobacter sp*, entre otras. (Eaton et al. 2005). Las enfermedades de transmisión hídrica son causadas por bacterias, virus y parásitos (protozoarios y helmintos) que se encuentran en las heces de los individuos infectados y de ahí son las fuentes de contaminación del agua. Se controlan los niveles de coliformes termotolerantes debido a la correlación que existe entre estos y las bacterias patógenas. (*Cortes —Lara, 2003*).

- **Conformes Totales**

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida la *E. Coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Estos pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua. (*OMS, 2008*).

- ***Escherichia Coli* (*E. Coli*)**

Escherichia Coli es una bacteria que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es un huésped constante del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, que pueden causar infecciones gastrointestinales (APHA et al. 1995). Por su especificidad, está considerada como un buen índice de contaminación fecal reciente, la cual está relacionada con las descargas de aguas residuales domésticas. (*OMS. 1995*).

Entre las enfermedades más comunes que se transmiten por el agua están:

➤ **Cólera**

El cólera es una enfermedad diarreica aguda causada por la ingestión de alimentos o agua contaminados con el bacilo *Vibrio cholerae*. El cólera sigue siendo una amenaza mundial para la salud pública y un indicador de inequidad y falta de desarrollo social.

El cólera es una enfermedad muy virulenta que puede causar una grave diarrea acuosa aguda. La aparición de los síntomas tras la ingestión de alimentos o agua contaminados puede tardar entre 12 horas y 5 días. El cólera afecta a niños y adultos y puede ser mortal en cuestión de horas si no se trata. La mayoría de las personas infectadas por *V. cholerae* no presentan síntomas, aunque la bacteria esté presente en sus heces durante los 1 a 10 días siguientes a la infección y vuelva al medio ambiente, con el consiguiente riesgo de infección de otras personas.

Los investigadores calculan que cada año hay en el mundo entre 1,3 y 4 millones de casos de cólera, y entre 21 000 y 143 000 defunciones por esta causa. (*OMS, enero de 2019*).

➤ **Gastroenteritis**

Este es el nombre genérico aplicado comúnmente a las enfermedades diarreicas que radican en el sistema gastrointestinal sin que se pueda clasificarlas específicamente.

Existe discrepancia entre los investigadores sobre el microorganismo causante de la gastroenteritis. Sin embargo, se tiene comprobado que son varios los microorganismos que ocasionan la gastroenteritis.

Se sabe con certeza que la Escherichia Coli (tipo enteropatógeno) produce gastroenteritis y ataca con mayor frecuencia la población infantil y a los ancianos. También, existen informes de que el ganado que bebe agua que contiene cantidades excesivas de algas ha presentado desórdenes gastrointestinales, debido probablemente a sustancias tóxicas que, se sabe, contienen estas algas.

Amplios estudios sobre enfermedades diarreicas agudas demostraron que muchas de ellas son disenterías benignas causadas por miembros del género Shigella. Adicionalmente, han ocurrido casos en que las sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua han producido irritaciones en el sistema gastrointestinal de los consumidores y, por ende, diarrea en los usuarios.

Queda, pues, aceptado que la gastroenteritis es una infección bacteriana (sin especificar cuál), que puede ser transmitida por el consumo de agua sin o deficientemente tratada. *Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico).*

#### ➤ **Fiebre tifoidea**

La fiebre tifoidea es una enfermedad infecciosa potencialmente mortal causada por la bacteria Salmonella typhi, que suele transmitirse por agua o alimentos contaminados. Una vez ingerida, S. typhi se multiplica y pasa al torrente sanguíneo.

Los síntomas consisten en fiebre prolongada, cansancio, cefaleas, náuseas, dolor abdominal y estreñimiento o diarrea. Algunos pacientes presentan erupciones cutáneas. Los casos graves pueden complicarse seriamente y causar la muerte.

La urbanización y el cambio climático podrían incrementar la carga mundial de fiebre tifoidea. Además, la creciente resistencia a los antibióticos está facilitando su propagación entre la población de las ciudades superpobladas y en los sistemas de saneamiento y distribución de agua inadecuados o inundados.

Según las estimaciones, cada año enferman de fiebre tifoidea entre 11 y 20 millones de personas, de las cuales mueren entre 128 000 y 161 000. (*OMS, enero de 2018*).

#### ➤ **Diarrea.**

Se define como diarrea la deposición, tres o más veces al día (o con una frecuencia mayor que la normal para la persona) de heces sueltas o líquidas. La deposición frecuente de heces firmes (de consistencia sólida) no es diarrea, ni tampoco la deposición de heces de consistencia suelta y “pastosa” por bebés amamantados.

La diarrea suele ser un síntoma de una infección del tracto digestivo, que puede estar ocasionada por diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos. La infección se transmite por alimentos o agua de consumo contaminado, o bien de una persona a otra como resultado de una higiene deficiente.

La diarrea se produce en todo el mundo y hace que el 4% de todas las muertes y el 5% de pérdida de la salud a la discapacidad. Es más comúnmente causada por infecciones gastrointestinales que

matan a unos 2,2 millones de personas en el mundo cada año, la mayoría niños en los países en desarrollo. Las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años. Son enfermedades prevenibles y tratables.

El impacto de la diarrea persistente o repetida sobre la nutrición y el efecto de la desnutrición en la susceptibilidad a la diarrea infecciosa puede estar vinculado a un círculo vicioso entre los niños, especialmente en los países en desarrollo. (*OMS, Enero de 2018*).

### ➤ **Hepatitis A.**

La hepatitis A es una enfermedad hepática causada por el virus de la hepatitis A (VHA). Éste se transmite principalmente cuando una persona no infectada (y no vacunada) come o bebe algo contaminado por heces de una persona infectada por ese virus. La enfermedad está estrechamente asociada a la falta de agua salubre, un saneamiento deficiente y una mala higiene personal.

El periodo de incubación de la hepatitis A suele ser de unos 14–28 días. Los síntomas de la hepatitis A tienen carácter moderado o grave y comprenden fiebre, malestar, pérdida de apetito, diarrea, náuseas, molestias abdominales, coloración oscura de la orina e ictericia (coloración amarillenta de la piel y la esclerótica ocular). Los infectados no siempre presentan todos esos síntomas

Las epidemias asociadas a alimentos o agua contaminados pueden aparecer de forma explosiva, como la epidemia registrada en Shangai en 1988, que afectó a unas 300 000 personas. Los virus de la hepatitis A persisten en el medio y pueden resistir los procesos de producción de alimentos usados habitualmente para inactivar y/o controlar las bacterias patógenas.

La hepatitis A se presenta esporádicamente y en epidemias en el mundo entero, y tiende a reaparecer periódicamente. El virus de la hepatitis A es una de las causas más frecuentes de infección de transmisión alimentaria. El riesgo de infección por el virus de la hepatitis A se asocia

a la falta de agua salubre y a las malas condiciones higiénicas (manos sucias, por ejemplo) y de saneamiento.

El suministro de agua salubre, la inocuidad de los alimentos, las mejoras del saneamiento, el lavado de las manos y la vacuna contra la hepatitis A son los medios más eficaces para luchar contra la enfermedad. (*OMS, Septiembre de 2018*).

➤ **Intoxicación por Plomo (Saturnismo).**

El plomo es un metal sin ningún beneficio biológico conocido para los seres humanos. Demasiado plomo puede dañar varios sistemas del cuerpo, incluyendo los sistemas nervioso y reproductivo y los riñones, y puede causar presión arterial alta y anemia. El plomo se acumula en los huesos y el envenenamiento por plomo se puede diagnosticar a partir de una línea azul alrededor de las encías. El plomo es especialmente dañino para el cerebro en desarrollo de los fetos y los niños pequeños y las mujeres embarazadas. El plomo interfiere con el metabolismo del calcio y la vitamina D.

Los niveles altos de plomo en sangre en los niños pueden causar consecuencias que pueden ser irreversibles como problemas de aprendizaje, problemas de comportamiento y retraso mental. A niveles muy altos, el plomo puede causar convulsiones, coma y muerte.

Las personas están expuestas al plomo a través del aire que respiramos, en el agua y por los alimentos / ingesta. Los efectos tóxicos son por lo general debido a la exposición a largo plazo. Los grupos de población con mayor riesgo de exposición son los niños pequeños y los trabajadores. Un informe reciente sugiere que incluso un nivel en sangre de 10 microgramos por decilitro puede tener efectos perjudiciales sobre el aprendizaje de los niños y el comportamiento<sup>3</sup>. Las personas

pueden estar expuestas a la contaminación por plomo de los gases de escape del motor de gasolina con plomo, así como de fuentes industriales tales como fundiciones de plomo y las industrias manufactureras y reciclaje, de los usos de artesanía y sitios de desechos (por ejemplo, los vertederos contaminados).

La exposición al plomo en el agua es generalmente baja en comparación con la exposición a través del aire o los alimentos. El plomo de fuentes naturales está presente en el agua del grifo, hasta cierto punto, pero el análisis de las aguas superficiales y subterráneas sugiere que la concentración de plomo es bastante baja. La principal fuente de plomo en el agua potable (antiguo) las tuberías de plomo y soldaduras de plomo se combinan. Extracción de la tubería vieja es costosa y el plomo sigue disolver incluso las tuberías viejas.

La cantidad de plomo que pueden disolverse en agua depende de la acidez (pH), la temperatura, dureza del agua y el tiempo de reposo del agua. Contaminación secundaria de la industria pueden contaminar el agua a través de los efluentes producidos. (*Childhood Lead Poisoning Prevention Program, 2000/ OMS 1993*).

➤ **Intoxicación por Arsénico.**

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. La exposición a altos niveles de arsénico inorgánico puede deberse a diversas causas, como el consumo de agua contaminada o su uso para la preparación de comidas, para el riego de cultivos alimentarios y para procesos industriales.

La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel.

El arsénico representa una amenaza importante para la salud pública cuando se encuentra en aguas subterráneas contaminadas. El arsénico inorgánico está naturalmente presente en altos niveles en las aguas subterráneas de diversos países, entre ellos la Argentina, Bangladesh, Chile, China, la India, México y los Estados Unidos de América. Las principales fuentes de exposición son: el agua destinada a consumo humano, los cultivos regados con agua contaminada y los alimentos preparados con agua contaminada. *(OMS, Febrero de 2018)*.

## **2.2. Agua superficial**

Son todas las aguas que fluyen sobre la superficie de la tierra formando cursos o corrientes. Proviene directamente de la escorrentía superficial o de la escorrentía que fluye o circula por el subsuelo. En el primer caso son los ríos, quebradas y lagunas. En el segundo caso, los manantiales. *(Absalón. 2000)*.

## **2.3. Aguas Residuales**

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieran de un tratamiento previo. *(ANA 2012)*.

Tenemos que las aguas residuales se clasifican de la siguiente manera:

- *Aguas residuales industriales:* Son aquellas aguas residuales originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
- *Aguas residuales domésticas:* Son aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal).
- *Aguas residuales municipales:* Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para que sean admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. *(ANA 2012)*.

#### **2.4. Fuentes Puntuales y No Puntuales de Contaminación**

Todo cambio en la calidad del agua natural implica contaminación. Está en el medio acuático significa la introducción por parte del hombre, ya sea de manera directa o indirecta de sustancias o energía (calor que producen efectos nocivos, entre ellos, daños a los recursos visos, riesgos para la salud humana y deterioro de la calidad del agua en relación con los usos destinados *(Kiely, 1999)*).

La contaminación puede proceder de fuentes puntuales y no puntuales. La primera está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas de agua receptoras, la fuente puntual significa todo medio de transporte perceptible, delimitado y discreto, por ejemplo, tubería, acequia, canal, túnel, conducto, pozo, fisura, discreta, contenedor, material rodante, actividades concentradas de alimentación animal, u otro medio flotante, desde el cual se descarguen o pueden descargar contaminantes (*Ongley 1997*).

Por el contrario, la fuente no puntual es el resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. Los contaminantes, cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia (*Foster et al. 2003*).

## **2.5. Monitoreo de Aguas**

El monitoreo de la calidad del agua es la información necesaria para definir condiciones actuales, también está definida como el proceso completo de la evaluación de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, efectos humanos y usos adecuados. (*Chapman 1996*).

La toma de muestras de agua y los aforos constituyen uno de los aspectos fundamentales de todo análisis de calidad del agua. Los resultados de un programa de muestreo o monitoreo sirven para actividades tales como:

- Elaboración de diagnósticos, programas de control y evaluar las medidas de mitigación en proyectos de recuperación, mantenimiento, etc. de recursos hídricos.
- Base para el diseño y operación de las plantas de tratamiento de agua potable y residual.
- Montaje (datos de entrada) de los modelos matemáticos que simulan el comportamiento de las corrientes y sistemas de distribución de agua.

## **2.6. Muestreo de Campo.**

Para tomar muestras útiles y representativas se requiere poner gran atención de los Protocolos de monitoreo de Calidad de Agua. Estas muestras se utilizarán finalmente para determinar la eficiencia de manejo de agua, establecer una política reguladora y evaluar el impacto ambiental.

Para tal fin se debe tomar en cuenta los siguientes tópicos: (*MEM, 1994*).

- Preparación para el viaje de campo.
- Observación de la estación.
- Toma de muestras.
- Mediciones de campo.
- Filtrado y conservaciones de muestras.
- Rotulado y embarque.

## **2.7. Caudal**

El caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería. etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (Litros, Metros Cúbicos, etc.), por unidad de tiempo (Segundos. Minutos. Horas, etc.). (*Medición De Presión Y Caudal. Marco A. Bello, Chile, 2000*).

Entre los métodos más utilizados para medir caudales de agua, se encuentran los siguientes:

1. Método del Flotador.
2. Método Volumétrico.
3. Método de la Trayectoria.
4. Estructuras de medida.

## **2.8. Contaminación Del Agua**

Se entiende por contaminación del agua a la acción de introducir o añadir materias o formas de energía, de manera directa o indirecta, de modo que altere su calidad, haciéndolo inútil para usos pretendidos. La contaminación del agua se produce por factores como: microorganismos patógenos, desechos orgánicos, residuos industriales, sustancias químicas inorgánicas, nutrientes vegetales inorgánicas, compuestos orgánicos, sedimentos y materiales suspendidos, sustancias radioactivas y contaminación térmica. (*OROSCO, 2008*).

### **a. Naturales**

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales, por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y son

muchos otros productos. Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. (Echarri. 1998).

## **b. Antropogénica**

Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica:

- **Industria:** Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de tratamiento de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.
- **Descargas por actividades antropogénicas:** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos. Etc.
- **Navegación:** Producen diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.
- **Agricultura y ganadería:** Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable, las aguas. (*Echarri. 1998*).

## **2.9. Principales Contaminantes Del Agua**

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes siete grupos: (*Girbau García. Masón 2002*).

**a. Microorganismos patógenos.**

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua.

**b. Desechos orgánicos.**

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

**c. Sustancias químicas inorgánicas.**

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

**d. Nutrientes vegetales inorgánicos.**

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

**e. Compuestos orgánicos.**

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

**f. Sedimentos y materiales suspendidos.**

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

**g. Sustancias radiactivas.**

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

**2.10. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**

Nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. (ANA 2012).

**2.11. Límite Máximo permisible (IMP)**

Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. (ANA 2012).

**2.12. MARCO LEGAL**

- **Constitución Política del Perú, 1993.**

A continuación se detallan los artículos de la Constitución Política del Perú, referente a la Política Nacional Ambiental:

- Artículo 2, inciso 22: Toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- Artículo 66: Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento.
- Los Artículos 67° al 69° definen las funciones del estado respecto a la Política Nacional del Ambiente y promueven el uso sostenible de sus recursos naturales, así como la conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas.

➤ **Ley general del Ambiente (Ley N°28611)**

Es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú.

- Conforme al artículo 1. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente.
- Según el Artículo 31°. Del estándar de calidad ambiental. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, y es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.
- De acuerdo al Artículo 66°. Cita que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental, y que es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional,

contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

- Acorde al artículo 75°. Se menciona que el titular de operaciones debe adoptar prioritariamente medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos, así como las demás medidas de conservación y protección ambiental que corresponda en cada una de las etapas de sus operaciones.

- Acorde al Artículo 114°. Cita que el acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población, y que le corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

- Según el Artículo 120°. Establece que el Estado, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. Asimismo el Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán..

#### ➤ **Ley de Recursos hídricos(Ley N°29338)**

- Acorde al Artículo 3, de la Ley de Recursos Hídricos, regula el uso y gestión de los recursos hídricos (es decir, agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta, marítima y atmosférica). Esta ley reconoce que el agua es un recurso renovable con valores socioculturales, económicos, ambientales, y que el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso existente.

- Según al Artículo 79, cita que la Autoridad Nacional, es el ente que autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambientales y de salud (sobre el cumplimiento del ECA para agua y LMP), enfatizando que queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin la autorización correspondiente.

- Sin perjuicio de lo establecido en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto ambiental (Ley N° 27446), para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico, se debe de contar con la opinión de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

➤ **Ley General de Salud (Ley N° 26842)**

La mencionada Ley general de salud, establece los derechos, deberes y responsabilidades concernientes a la salud individual, así como los deberes, restricciones y responsabilidades en consideración a la salud de terceros.

- En el artículo 99°, se cita que los residuos procedentes de establecimientos donde se fabriquen, formulen o manipulen sustancias y productos peligrosos deben ser sometidos al tratamiento y disposición que señalan las normas correspondientes, y dichos residuos no deben ser vertidos directamente a las fuentes, cursos o reservorios de agua, al suelo o al aire.

- En el Art. 103°, se establece que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas. los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que. para preservar la salud de las personas. establece la Autoridad de Salud competente.

- En el Art. 104°, se establece que toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, sin haber adoptado

las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

➤ **Ley N° 26839.- Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.**

- La presente ley, norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes en concordancia con los artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú. La cual tiene implicancia en la conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y genes, asimismo en fomentar el desarrollo económico del país en base a la utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica.
- **Ley N° 28090: Ley que Regula el Cierre de Minas.**

La Ley N° 28090 se promulgó un 13 de octubre del 2003, mediante la cual se regulan las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas y la constitución de garantías ambientales correspondientes, que aseguren el cumplimiento de las inversiones que comprende, con sujeción a los principios de protección, preservación y recuperación del medio ambiente y con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, el ecosistema y la propiedad.

Mediante la Ley, se define al Plan de Cierre de Minas como un instrumento de gestión ambiental, constituido por acciones técnicas y legales, efectuadas por titulares mineros, destinados a establecer medidas que se deben adoptar a fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera, para que así alcance satisfactoriamente las características del ecosistema

compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje.

Se establece asimismo, que la rehabilitación se llevará a cabo mediante la ejecución de medidas que sean necesarias realizar antes, durante y después del cierre de operaciones, cumpliendo con las normas técnicas establecidas, las mismas que permitirán eliminar, mitigar y controlar los efectos adversos generados o que se pudieran generar por los residuos sólidos, líquidos y gaseosos producto de la actividad minera.

• **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias.**

Decreto que compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, D.S N° 023-2009-MINAM y el D.S N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Es importante resaltar que los ECA son obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. Para el presente trabajo de investigación se tomó como referencia los ECAs Categoría 1, Subcategoría A-2.

➤ **D.S. N° 010-2010-MINAM - Aprueban Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero -Metalúrgicas**

Establece los valores de concentración aceptables presentes en los efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas. Esta norma aplica a todas las Actividades Minero-Metalúrgicas

que se desarrollan dentro del territorio nacional, cuyos estudios ambientales sean presentados con posterioridad a la fecha de la vigencia del presente decreto supremo

➤ **Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.**

El presente Protocolo tiene el Objetivo de estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros considerando el diseño de las redes de puntos de monitoreo, la frecuencia, el programa analítico, la medición de parámetros en campo, la recolección, presentación, almacenamiento, transporte de muestras de agua, el aseguramiento de la calidad, la seguridad del desarrollo del monitoreo.

### **CAPÍTULO III: MÉTODOS**

La presente tesis de investigación se define como descriptiva y aplicada. Descriptiva porque describe la realidad tal y como se desprende de la observación directa que realiza el analista y/o del conocimiento que ha adquirido a través de la lectura o estudio de las informaciones aportadas por otros autores, por tanto se trata de un método cuya finalidad es obtener y presentar la información sobre una realidad, y aplicada porque disponemos de los datos recopilados y

posteriormente los analizamos, con el fin de obtener comparaciones con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - D.S N° 004-2017-MINAM.

### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El enfoque de investigación que se llevó a cabo es de tipo cuantitativo, porque hace referencia al estudio a partir del análisis de cantidades; es decir involucra un proceso de estudio numérico, donde usamos la recolección de datos, disponemos de los mismos y posteriormente los analizamos de forma estadística y formulamos las conclusiones respectivas, todo ello con el fin de obtener comparaciones con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S N° 004-2017-MINAM) - Categorías 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2.

### **3.2. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL**

#### **3.2.1. Ámbito Temporal**

La temporalidad de la investigación desarrollada es longitudinal, puesto que se realiza a través del tiempo, recolectando datos en puntos o períodos específicos, con la finalidad de hacer inferencias respecto al cambio, determinantes y consecuencias. La presente tesis de investigación se realiza durante el periodo 2010 – 2018 y 2019, tanto en época de avenida como en época de estiaje, de

acuerdo a los resultados de los monitoreos realizados para la presente investigación y obtenidos de la data histórica. Tomando de referencia al D.S. N°004-2017-MINAM en función a la categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2 (Estándar de Calidad ambiental para Agua).

### **3.2.2. Ámbito Espacial**

La zona de estudio para la presente tesis de investigación comprende un tramo del Río Rímac, que recorre el Distrito de Chicla, en la Provincia de Huarochirí, en el Departamento de Lima. El Distrito de Chicla se encuentra ubicado dentro de la cuenca alta del río Rímac, localizado entre las coordenadas 11° 42' 18.04" S, 76° 16' 7.07" W, a una altitud promedio de 3,740 m.s.n.m, el área de estudio se ubica en la región sierra, zona meso andina y montañosa, de topografía muy accidentada. Chicla se encuentra a la altura del Kilómetro 105 de la carretera central, aproximadamente a 03 horas de tiempo estimado partiendo desde la ciudad de Lima.

## **3.3. VARIABLES**

### **3.3.1. Independientes:**

**Tabla 1. Variables Independientes**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Indicador</b>
-------------------------------	------------------

Elementos metálicos, físicos-químicos y microbiológicos en el río Rímac	Número de elementos metálicos, físicos-químicos y microbiológicos (unidad)
---	--

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Dependientes:

**Tabla 2. Variables Dependientes**

Variables Dependientes	Indicadores
Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentración de elementos metálicos &gt; ECA agua Categoría 1A-2 en mg/L</li> <li>- Concentración de elementos microbiológicos &gt; ECA agua Categoría 1A-2 en NMP/100mL</li> <li>- Valores de elementos físicos-químicos &gt; ECA agua Categoría 1A-2.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. POBLACION Y MUESTRAS.

El universo o población de la investigación es la cuenca del Río Rímac, mientras que la muestra tomada es la que se encuentra en el ámbito de la parte alta de la cuenca del Rímac, ubicada en el Distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí, del Departamento de Lima. Dicha unidad de análisis fue elegida para saber cuál es el estado actual de la calidad del agua del río Rímac, y si existe afectación directa a la población de Chicla.

### **3.5. PROCEDIMIENTOS**

La presente investigación tuvo el siguiente procedimiento para su elaboración, el cual se muestra a continuación.

#### **a) Recopilación y Revisión de Información Disponible**

La información fue obtenida de las bibliotecas de diferentes Universidades de Lima, fuentes bibliográficas, entidades Gubernamentales como: La Autoridad Nacional del Agua (ANA), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), institución de la cual se obtuvo la información de población, educación, vivienda y salud; del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) la información geológica de la zona de estudio, del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) información de las principales fuentes de contaminación del agua, Municipalidad de Chila, fuentes Web (investigaciones de reconocidas publicaciones y revistas); asimismo, se efectuó la clasificación de la información, tanto textual como cartográfica.

#### **b) Solicitud de Información Pública**

Se procedió a solicitar información pública, a través del portal web de transparencia de los siguientes Organismos del Estado: Autoridad Nacional del Agua (ANA), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) y Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

### **c) Recepción y Revisión de la Información solicitada a los Organismos del Estado**

Verificación de la información recepcionada a través del portal web de transparencia de los organismos competentes.

### **d) Análisis de la Información y elaboración de la base de datos**

En esta etapa se procedió a analizar la información recopilada procedente del área de transparencia de los organismos del estado, y posteriormente se elaboró la base de datos de la investigación.

### **e) Trabajo de Campo**

La etapa de trabajo de campo comprende las actividades de obtención de la información en el lugar de estudio, basado en el reconocimiento del área de estudio, observación de la situación actual de la cuenca del río Rímac del Sector de Chicla, la toma de muestras en los puntos de monitoreo establecidos para la presente investigación, toma de fotografías; del mismo modo se realizaron entrevistas a los representantes del área ambiental y Saneamiento del Municipio Distrital de Chicla.

Para el trabajo de campo se emplearon los siguientes equipos y materiales:

- GPS: Esta herramienta se utilizó para georreferenciar las estaciones de monitoreo de la zona de estudio.
- Material cartográfico: Carta Nacional de Matucana (24 k), a escala 1:100 000 elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Cámara fotográfica de 24 megapíxeles: Se utilizó para el registro fotográfico del área de estudio.

- 01 libreta de campo: se utilizó para las anotaciones de datos en campo.
- 01 computadora Core I3: Se empleó para el procesamiento de información cartográfica, cálculos y redacción.
- Impresora Multifuncional: Para la impresión de textos, gráficos y mapas.
- Utensilios de muestreo: Guantes, frascos de botella de 1 lt y 500ml, agua destilada.
- Multiparámetro (con sondas calibradas de Ph, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto).

**f) Selección de estaciones de monitoreo.**

Se tomaron 7 Puntos de monitoreo de la calidad de agua de la cuenca alta del río Rímac y Tributarios, que realiza la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y SEDAPAL todos los años. Mencionadas instituciones utilizaron el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de agua de los Recursos Hídricos - Autoridad Nacional Del Agua – DGCRH.

- El 1er punto de monitoreo se encuentra ubicado en la Quebrada Antaranra (MD), aguas abajo del vertimiento de Volcan Compañía Minera-UM Ticlio, y para la presente tesis de investigación se denomina EM-01.
- La 2da punto de monitoreo se encuentra ubicada en Laguna Ticticocha, salida de la laguna, Carretera Central, Km 127, denominado EM-02.
- El 3er punto de monitoreo se encuentra ubicado en la Quebrada Chinchán (MI), aguas abajo del puente Ferrocarril, Carretera Central, Km 119.5, denominado EM-03.
- El 4to punto de monitoreo se encuentra ubicado en el Río Rímac (MI), aguas abajo del vertimiento de Minera Los Quenuales S.A., denominado EM-04.

- El 5to punto de monitoreo se encuentra ubicado en el Río Rímac (MI), 220m aguas abajo del vertimiento de Compañía Minera Casapalca S.A., denominado EM-05.
- El 6to punto de monitoreo se encuentra ubicado en el Río Blanco (MD), 20 m aguas abajo de la Estación Metereológica de SENAMHI, denominado EM-06.
- El 7mo punto de monitoreo se encuentra ubicado en el Río Rímac (MD), puente Anchi II, Carretera Central, Km 100, antes de la unión con río Blanco, denominado EM-07.

**g) Sistematización de la información y elaboración de los mapas temáticos.**

Estas dos etapas se llevaron a cabo en gabinete. Donde se emplearon los siguientes Softwares para el procesamiento y automatización de la información cartográfica, así como para la construcción de mapas temáticos.

- Software Argis 10.1 - Elaboración de mapas.
- Microsoft excell - Creación de tablas y/o gráficos.
- Microsoft Word – Procesamiento de textos y redacción de documentos.

**h) Elaboración del Informe Final**

La elaboración del informe final consistió en el análisis y procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores tanto cualitativa como cuantitativa, además de ello se realizó consultas a expertos, fuentes bibliográficas y otros registros que ayudaron al desarrollo de la investigación; para luego realizar la interpretación, discusión de los resultados, las conclusiones y recomendaciones necesarias como propuesta final.

### **3.6. ANÁLISIS DE DATOS**

El análisis de datos de la presente investigación se realizó de la siguiente manera:

- Se tomaron los resultados de los monitoreos de la calidad de agua de la cuenca del río Rímac de los años 2010 – 2018 y 2019, a fin de analizar las concentraciones de metales en mg/L en el agua, por tanto fueron evaluados para temporadas de estiaje y avenida. Asimismo se evaluaron las concentraciones de Arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, aluminio, plomo, antimonio y Zinc para las respectivas temporadas de estiaje y avenida.
- También se tomó los resultados de los monitoreos de la calidad de agua de la cuenca del río Rímac de los años 2010 – 2018 y 2019, a fin de analizar las concentraciones de elementos microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales) presentes en agua, de modo que fueron evaluados para las temporadas de estiaje y avenida respectivamente.
- Asimismo se tomaron los resultados de los monitoreos históricos y resultados obtenidos del análisis de campo realizado para la presente investigación, a fin de analizar los parámetros físico-químicos: pH, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad y sólidos totales, en temporada de avenida y estiaje. Para que así una vez obtenidos los resultados, se proceda a compararlos con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, conforme al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en función a las categorías 1:

Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

### **3.7. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

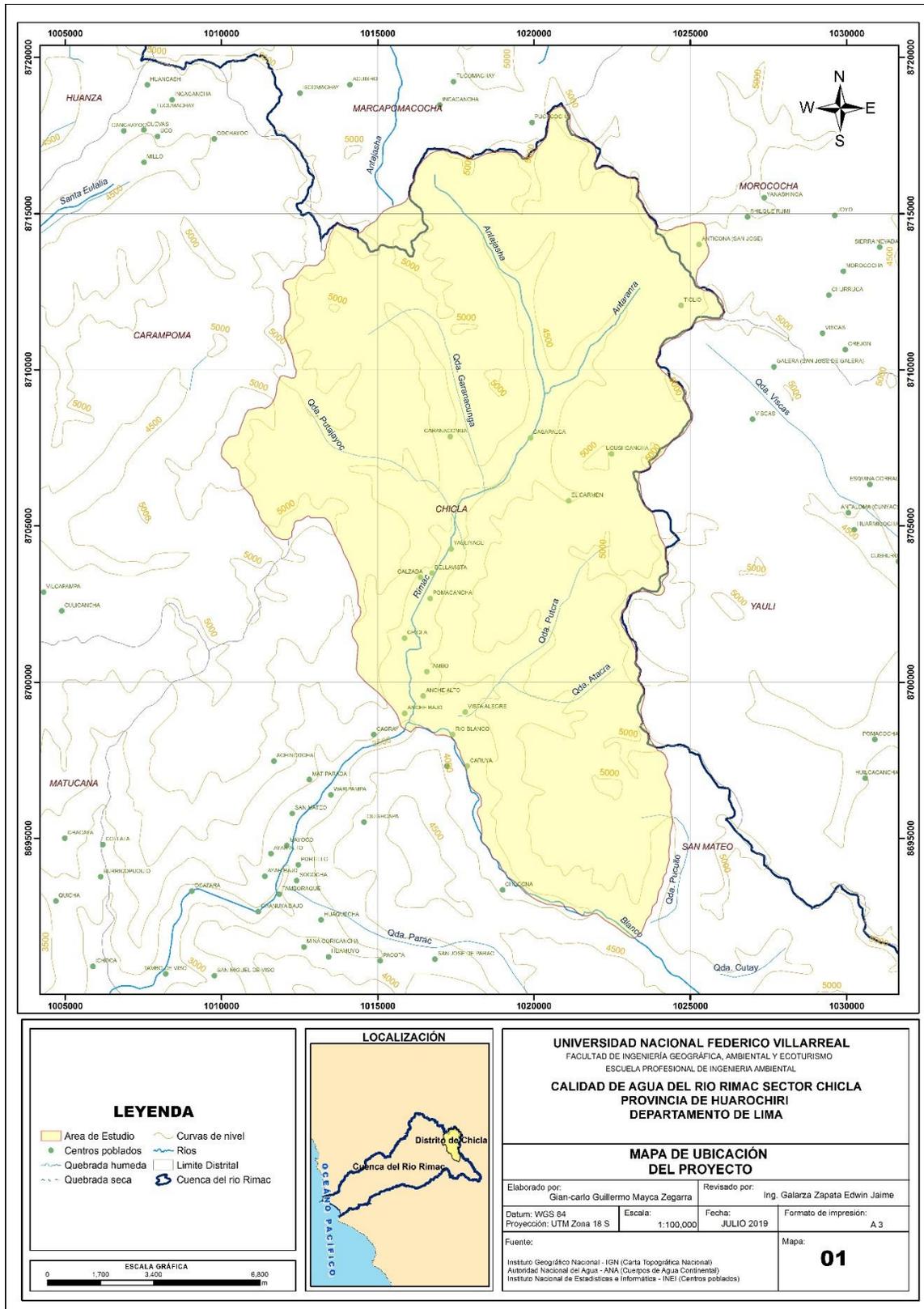
#### **3.7.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La zona de estudio comprende un tramo del Río Rímac, que recorre el Distrito de Chicla, de la Provincia de Huarochirí, en el departamento de Lima.

El Distrito de Chicla está dentro de la cuenca del río Rímac, localizada a la altura del Km 105 de la carretera central, con una superficie de 244,1 km<sup>2</sup> y tiene una altitud promedio de 3 740 msnm.

Sus límites son: por el Norte Casapalca, por el Este con los distritos de Yauli y Jauja, por el Oeste con los Distritos de Carampoma y San Juan de Iris, y por el Sur con el Distrito de San Mateo, San Damian, San Juan de Tantarache. Ver Mapa N°1.

#### **MAPA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



### 3.7.2. VÍAS DE ACCESO

El acceso a la zona de estudio es por vía terrestre, partiendo desde la zona Este del centro de Lima, tomando la vía de evitamiento de la carretera Central, la cual recorre conocidos Distritos de Lima como: Rímac, Ate Vitarte, Santa Cruz de Cocachacra, Surco, Matucana, San Mateo y finalmente llegando a Chicla, el cual se encuentra ubicado en el kilómetro 105 de la carretera central, tomando un tiempo de viaje aproximado de 03 horas con 40 minutos.

Asimismo tenemos otra forma de llegar a la zona de estudio, vía terrestre, partiendo desde el centro del Perú – Huancayo. Tomando como vía de acceso la carretera central, recorriendo la Oroya, Morococha, Casapalca y finalmente llegando a Chicla, tomándonos un tiempo aproximado de 4 horas de viaje.

### **3.7.3. GEOMORFOLOGIA**

El distrito de Chicla se encuentra ubicado sobre la unidad geomorfológica Alpino o Superficie Puna, en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, con algunas zonas de nieves en las partes altas sobre los 4000 msnm. En el área de estudio se observa una geomorfología de valle, cuya forma característica es en forma de “V”, originada por el fuerte proceso erosivo lateral y de fondo de las aguas del río Rímac y del río Blanco. Encontramos mesetas altoandinas formadas por procesos glaciares, y sedimentos de origen volcánico provenientes de las partes altas; así como los conos de deyección constituidos por depósitos aluviales y coluviales.

Según Estudio Hidrológico de la cuenca del río Rímac, los procesos geofórmicos han modelado el relieve dando origen a unidades geomorfológicas que son el resultado de procesos tectónicos sobrepuestos por los procesos de geodinámica que han originado los rasgos morfo estructurales de

la región como el anticlinal de lima y los bloques fallados como producto del dislocamiento regional.

Se tiene rasgos geomorfológicos clasificados como unidades, las cuales se describen a continuación:

a. **Planicies costeras y conos deyección:** Zona comprendida entre el bloque litoral y las estribaciones de la cordillera occidental cubierta por gravas y arenas provenientes del transporte y sedimentación del río Rímac y de los torrentes que fluyen por los cauces intermitentes, efímeros y perennes de sus afluentes.

b. **Valles quebradas:** Compreendida por el valle del río Rimac y sus quebradas afluentes que discurren secas parte del año, y en las que solo discurre agua. Se caracterizan estas unidades de poco transporte proveniente de las estribaciones de la cordillera occidental.

c. **Estribaciones Andinas Occidentales:** Unidades geomorfológicas correspondientes a las laderas y crestas marginales de la cordillera andina de topografía abrupta formada por plutones con flancos de fuerte inclinación en donde las crestas más elevadas se estiman entre los 900 y los 3600 msnm, reflejando la intensa erosión durante el pleistoceno reciente, las estribaciones de la cordillera occidental terminan hacia el oeste y en la zona de lomas con pendientes menos abruptas y menores de 30°.

d. **Zona andina:** Se extiende al este y comprende altiplanicies con relieve de superficies suaves y ondulaciones con contornos irregulares y cotas hasta de 2800 msnm donde sobresalen los picos o los 3500 msnm. Estas planicies labradas en tobas e ignimbritas terciarias presentan

una ligera inclinación al oeste reflejando una superficie de erosión como remanente de la superficie puna de la que quedan pequeños rezagos, así como superficies de erosión glaciar.

### **3.7.4. GEOLOGÍA**

#### **3.7.4.1. ESTRATIGRAFIA**

El área de estudio pertenece a los sistemas Cretáceo, Terciario y Cuaternario.

- Formación Pariatambo (Ki-pa) y Jumasha (Ks-j).

Estas formaciones pertenecen al sistema Cretáceo, se le asigna a estas formaciones una edad que va entre el Albiano medio a Cenomaniano. Estas formaciones consisten de calizas gris y beige, en capas medianas con algunas intercalaciones de caliza margosa y lutita gris pardo; calizas y margas negras bituminosas en capas delgadas, medianas y gruesas, que se intercalan ocasionalmente con capas de calizas margosas, lutitas y calizas dolomíticas

- Grupo Rímac (Tim-r).

El Grupo Rímac pertenece al sistema terciario. Se le ha asignado una edad probable de fines del Eoceno a Oligoceno. En este grupo se pueden diferenciar:

1. *Serie Volcánico-sedimentaria*: Consiste de lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso, tobas andesíticas y algunas intercalaciones de arenisca.
2. *Serie Sedimentario Tobácea*: Consiste de intercalaciones de unidades predominantemente sedimentario-tobáceas con areniscas limolíticas gris verdosas y rojizas.

3. *Serie Tobácea*: Consiste de tobas pardo grisácea a blanquecinas de composición riolítica y dacítica.
  
4. *Serie Volcánico Sedimentario*: Constituye la parte superior del Grupo Rímac. Consiste de limolitas gris verdosas alternando a coloraciones rojizas y anaranjadas, areniscas feldespáticas con cuarzo y matriz tobáceas en estratos delgados y sobre estos una secuencia de volcánicos tobáceos porfiroides de color violáceo. También se encuentran volcánicos oscuros porfiroides bien alternados.

➤ Formación Carlos Francisco (Tim-cf)

Esta formación pertenece al sistema terciario La edad de esta formación es de fines del Eoceno al Oligoceno. Se reconocen los siguientes miembros:

1. *Miembro Tablacacha*: Consiste de una secuencia de conglomerados con elementos volcánicos de 5 a 10 cm de diámetro y en menor proporción gravas y cantos con tamaño máximo de 50 cm, en matriz areno limosa e intercalándose areniscas, limolitas rojizas y calizas arenosas. Hacia el tope pasa a intercalaciones de tobas, brecha tobáceas, aglomerados limolitas rojizas y ocasionalmente rocas profiríticas de composición andesítica.
  
2. *Miembro Carlos Francisco*: Está constituido por un conjunto de derrames andesíticos porfiroides y afaníticos de color gris, intemperizandoa verdoso y violáceo, ocasionalmente se intercalan flujos de brecha volcánica y pórfidos masivos que dan el aspecto local de cuerpos.

3. *Miembro Yauliyacu*: Consiste de tobas finas rojizas con algunas intercalaciones de tobas lapillíticas, gris verdoso y marrón; ocasionalmente capas de andesitas, limolitas y areniscas tobáceas.

➤ Formación Bellavista - Río Blanco (Tim-bvrb).

Perteneciente al sistema terciario. Es probable que sean del Eoceno al Oligoceno. La formación Bellavista consiste de calizas margosas pardo amarillentas, con intercalaciones de caliza negra silificada, tobas finas, andesíticas tobáceas, lutitas y limolitas, grius verdosas a pardos rojiza.

La formación Río Blanco consiste de tobas redepositadas, tobas lapillíticas, areniscas tobáceas y ocasionalmente horizontes de tobas andesíticas y dacíticas, así como también capas de calizas. Se presentan generalmente con estratificación en capas delgadas y algunos horizontes en lajas.

➤ Depósitos Glaciares (Q-g).

Perteneciente al sistema cuaternario. Comprende a los depósitos morreicos, antiguos a recientes, que se encuentran en las cabeceras de los valles glaciares o cubriendo el fondo o márgenes de los mismos.

➤ Depósitos Fluvio-glaciares (Q-fg).

Perteneciente al sistema cuaternario. Están constituidos por las acumulaciones provenientes del acarreo de los depósitos glaciares por las aguas de los deshielos, fundamentalmente.

---

*(Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú. Geología del cuadrángulo de Matucana,*

*Boletín)*

➤ Depósitos Aluviales (Q-al)

Perteneciente al sistema cuaternario. Constituyen las acumulaciones resultantes de la depositación de los materiales que han sufrido acarreo por las aguas de escorrentía superficial, encontrándose, generalmente, lejos de su lugar de origen; involucra también a los depósitos fluviales que están conformando terrazas antiguas.

### **3.7.5. FISIOGRAFÍA**

De acuerdo al mapa fisiográfico del Perú, el área de estudio se ubica en la región sierra, zona meso andina y montañosa, de topografía muy accidentada. El relieve es predominantemente empinado porque conforma el borde o parte superior de las laderas que enmarcan a los valles interandinos, haciéndose un tanto más suave en el límite con las zonas de páramo que presenta gradientes moderadas por efecto de la acción glacial pasada.

### **3.7.6. CLIMA**

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 3,740 m.s.n.m, en promedio. La temperatura promedio anual de la zona es de 10°C; la máxima anual, 20°C; y, la mínima, 5°C. El clima del distrito de Chicla es variado, en las zonas bajas está ubicada la región Quechua y en las zonas intermedia se encuentra ubicada la región Suni y Puna, frígido y seco, presentando un régimen de precipitaciones estacionales. La humedad relativa media mensual es de 88 por ciento, en abril, disminuyendo gradualmente hasta 64 por ciento, de octubre a diciembre.

Según la clasificación de Koppen, tenemos la distribución climática de la cuenca alta del Rímac, donde se clasificó las distintas zonas climáticas del mundo. Ver tabla 3.

**TABLA 3. CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA DE KOPPEN**

<b>Unidad Climatológica</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
Templado frío	2500 – 2700	16	250
Estepa espinosa	2700 – 3000	15	275
Estepa	3000 – 4000	10	465
Tundra subalpina y alpina	4000 – 55000	3,5	828

Fuente: INADE 1998

### 3.7.7. ECOLOGÍA:

De acuerdo con la clasificación de Holdrige, en el sector de Chicla se tiene 2 zonas de vida, con diferentes características de precipitación, temperatura y vegetación predominante:

- **paramo muy húmedo-Subalpino Subtropical (pmh-SaS):** Se circunscribe a la región alto andina, sobre los 4000 m.s.n.m. de altitud; caracterizada por laderas inclinadas, así como por áreas colinadas y suaves. La vegetación natural está constituida, predominantemente, por manojos dispersos de gramíneas que llevan el nombre de “ichu”, conformando los pajonales de puna. Entre las plantas de carácter leñoso destacan el “quenual” y especies de Gynoxis.
  
- **tundra pluvial-Alpino Subtropical (tp-AS):** Este clima conforma un piso térmico periglacial, en el cual gran parte del año (casi todas las noches y madrugadas), el agua se congela, pero igualmente se fusiona, diariamente, con las primeras radiaciones solares. De este modo, se trata de un clima que alterna diariamente momentos de congelamiento y descongelamiento.

## – CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

### ➤ **Flora:**

La vegetación natural está representada por comunidades arbustivas que crecen sobre un estrato herbáceo perenne, mayormente de tipo graminal. Entre las especies más comunes se encuentran: "chilca" (*Baccharis polyantha*), "tayanco" (*Baccharis lanceolata*), "chinchango" (*Hypericum* sp), "suro" (*Chusquea* sp), etc. Esta zona de vida, por su semejanza a los páramos, por la presencia notable de pastos naturales, basados en gramíneas, se les denomina también subpáramo. Además, arbustos como la tola (*Baccharis dracunculifolia*) y pastos como el chilihuial y el muy conocido ichu (*Stipa ichu*), gramínea muy fuerte y con gran capacidad de adaptarse a las condiciones frías de la puna; también, las cactáceas abundan sobre todo en la sierra central.

El uso agrícola y pecuario de esta zona de vida es limitado, debido, principalmente, a la alta humedad y baja temperatura. En las zonas más bajas, un tanto más bajas y de mayor temperatura, se cultivan especies, tales como papa, olluco, maíz, entre otros.

### ➤ **Fauna:**

Existe gran variedad de fauna silvestre; entre los mamíferos: zorro andino (*Pseudalopex culpaeus*), zorrillo (*Conepatus sullucans*), zorrino (*Mofeta rayada*), etc; entre las aves: perdiz serrana (*Notoprocta ornata*), golondrina andina (*Petrochelidon andicola*), pato silvestre o cordillerano (*Anas specularioides*), tórtola (*Metriopelia melanoptera*), picaflor cordillerano (*Oreotrochilus estela*), huachua (*Chloephaga melanoptera*), etc; y, en el hábitat acuático: destaca la trucha arco iris (*Oncorhynchus mikiss*) y sapos. En el área de influencia directa se observa

algunos animales mayores y menores, tales como vacas, alpacas, llamas, caballos, conejos, cabras, cerdos, etc.

### **3.7.8. DESCRIPCIÓN POBLACIONAL Y DE SERVICIOS BÁSICOS**

#### **3.7.8.1. POBLACIÓN**

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de estadística e Informática, El distrito de Chicla cuenta con una población de 3826 habitantes según el Censo del 2017. Es uno de los 32 distritos de la Provincia de Huarochirí en el Departamento de Lima. Chicla se compone de 35 centros poblados: Anche, Anche Alto, Anche Bajo, Atacra, Ayuyoc, Bellavista, Callancallo, Callona, Calzada, Caranaconga, Casapalca, Chicla, Chinchán, El Carmen, Huachicaca, Huishcancha, Magdalena, Manchay, Mina Cuarenta, Mina Elisa, Mina La Caprichosa, Mina Oroya, Mina Shashi, Minas Carlos Francisco, Mituallana, Pomacancha, Río Blanco, Shashi / Shashe, Tambo, Ticlio, Ucuscancha, Uscacancha, Vista Alegre y Yauliyacu. Ver mapa 2, figura 1, figura 2 y tabla 4.

## MAPA 2. UBICACIÓN DEL DISTRITO DE CHICLA

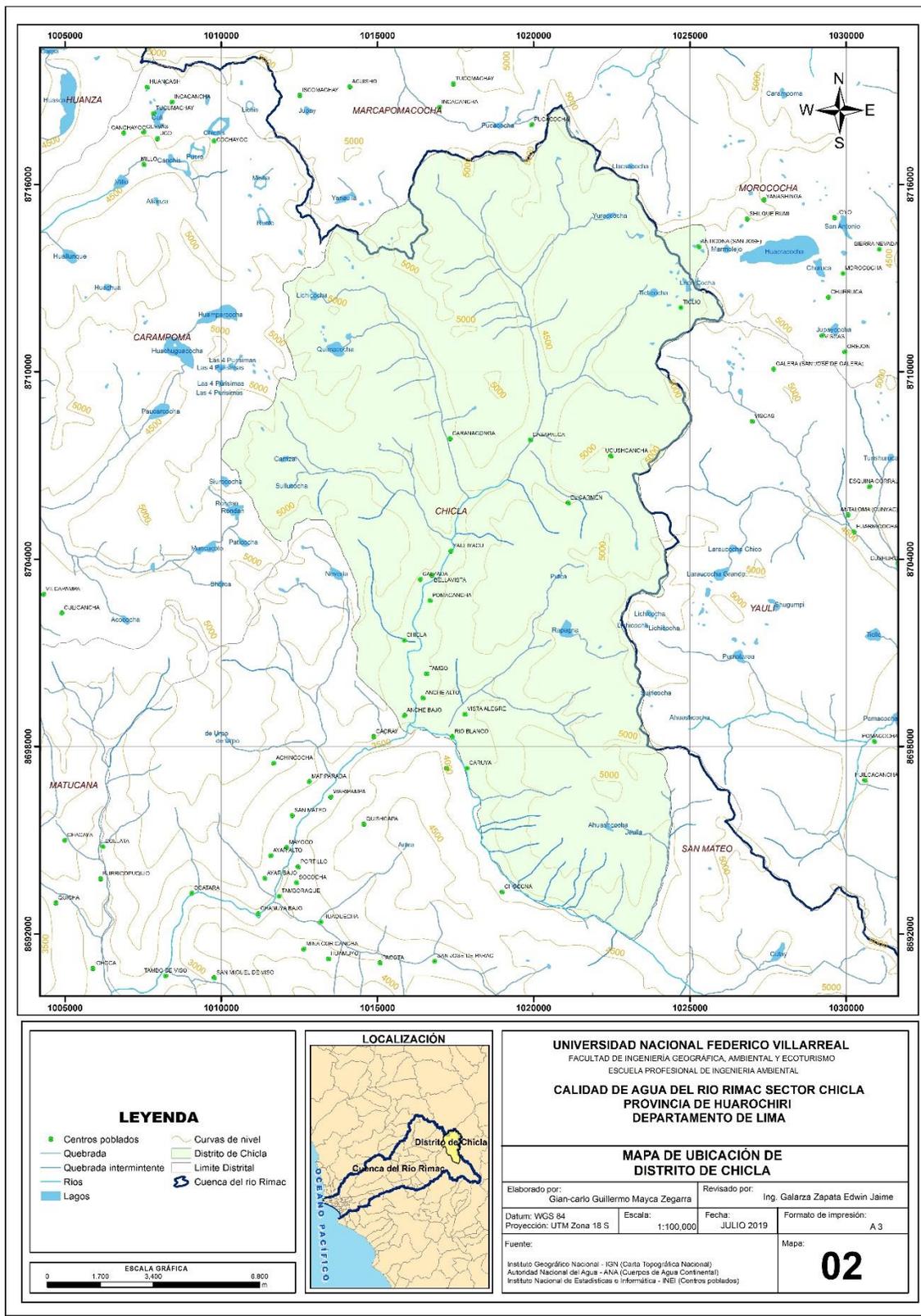


FIGURA 1. DISTRITO DE CHICLA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2. POBLACIÓN DEL DISTRITO DE CHICLA



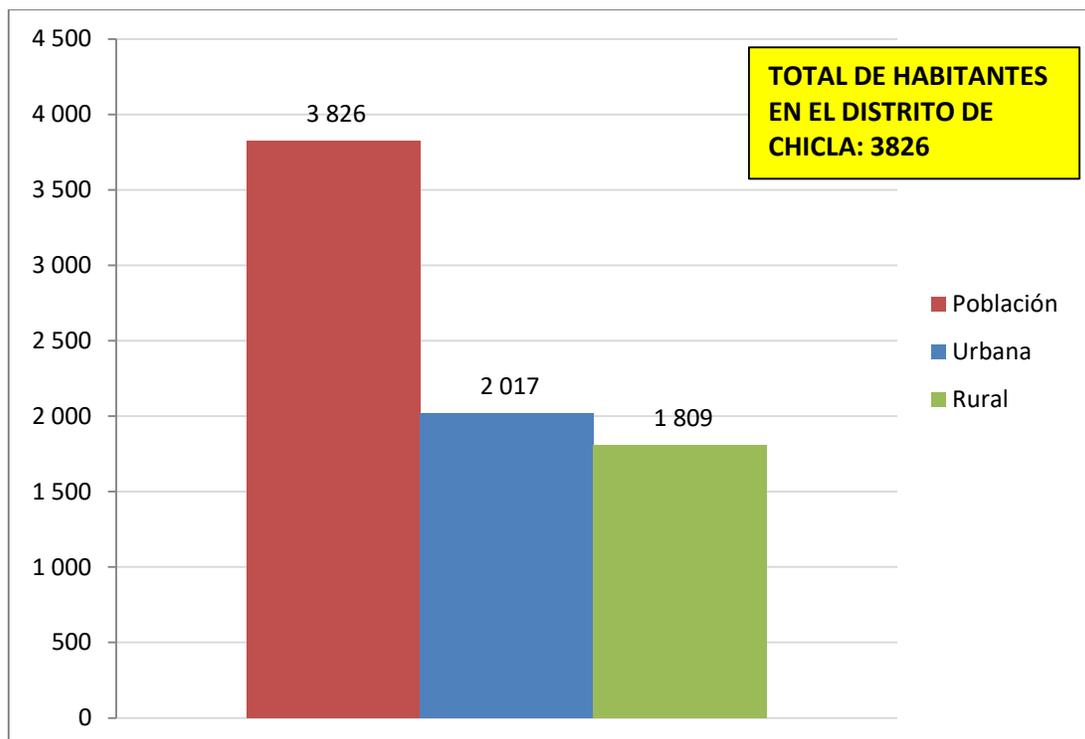
Fuente: Elaboración propia

**TABLA 4. PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ Y DISTRITOS**

PROVINCIA	DISTRITOS	
<b>HUAROCHIRI</b>	MATUCANA	SAN BARTOLOME
	ANTIOQUIA	SAN DAMIAN
	CALLAHUANCA	SAN JUAN DE IRIS
	CARAMPOMA	SAN JUAN DE TANTARANCHE
	<i><b>CHICLA</b></i>	SAN LORENZO DE QUINTI
	CUENCA	SAN MATEO
	HUACHUPAMPA	SAN MATEO DE OTAO
	HUANZA	SAN PEDRO DE CASTA
	HUAROCHIRI	SAN PEDRO DE HUANCAYRE
	LAHUAYTAMBO	SANGALLAYA
	LANGA	SANTA CRUZ DE COCACHACRA
	LARAOS	SANTA EULALIA
	MARIATANA	SANTIAGO DE ANCHUCAYA
	RICARDO PALMA	SANTIAGO DE TUNA
	SAN ANDRES DE TUPICOCHA	SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS
	SAN ANTONIO	SURCO

Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 3. CHICLA: POBLACIÓN TOTAL CENSADA**



Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017

El resultado del Censo Nacional 2017 evidencia un total de 3826 habitantes, de los cuales 2565 son Varones y 1261 mujeres del total de población del Distrito de Chicla. Asimismo en la Zona Urbana hay un total de 2017 habitantes, cuya distribución es 1016 hombres y 1001 mujeres. Del mismo modo la Zona Rural cuenta con un total de 1809 habitantes, de los cuales 1549 son hombres, y 260 son mujeres. En el cuadro se ilustra la cantidad de habitantes del distrito Chicla.

**FIGURA 4. MUNICIPALIDAD DEL DISTRITO DE CHICLA**



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 5. MESA DE DIÁLOGO MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHICLA**

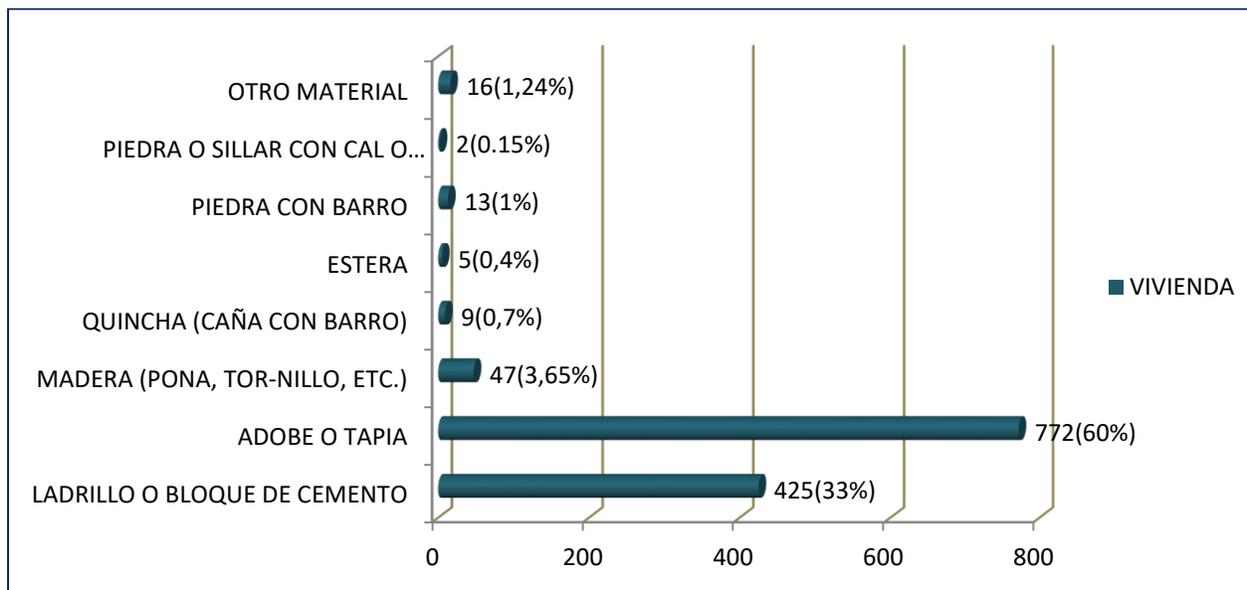


Fuente: Elaboración propia

### 3.7.8.2. VIVIENDA

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), se tiene la siguiente información sobre los materiales predominantes en la construcción de las viviendas. Del total de viviendas con ocupantes presentes se destaca que el 60% tienen como material predominante en las paredes exteriores Adobe o tapia, asimismo que el 33% tienen como material predominante Ladrillo o bloque de cemento, de igual forma el 3,56% tienen como material predominante madera. En menores proporciones están las viviendas que tienen como material en las paredes exteriores quincha 0,7%, esteras 0,4%, piedra con barro 1%, piedra o sillar con cal 0,15%, y otro material 1,24%. Ver figura 6.

**FIGURA 6. TIPOS DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

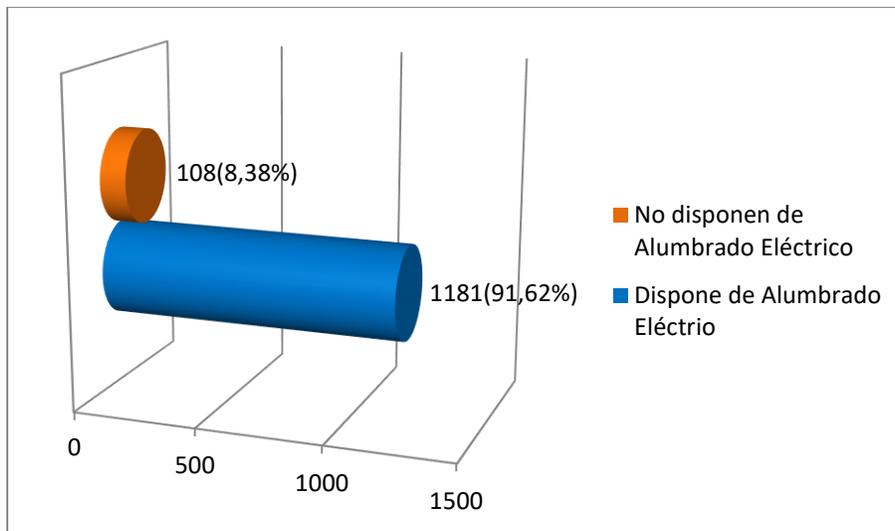


Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017.

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), respecto a los servicios básicos de alumbrado eléctrico, se tiene que, el número de viviendas que Sí disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública es de 1181, mientras que el número de viviendas

que No disponen de alumbrado eléctrico es de 108. En cifras porcentuales tenemos que el 91,62% de las viviendas dispone del servicio de alumbrado eléctrico, mientras que el 8,38% de viviendas no dispone del mismo. Ver figura 7.

**FIGURA 7. SERVICIOS BÁSICOS DE ALUMBRADO ELÉCTRICO**

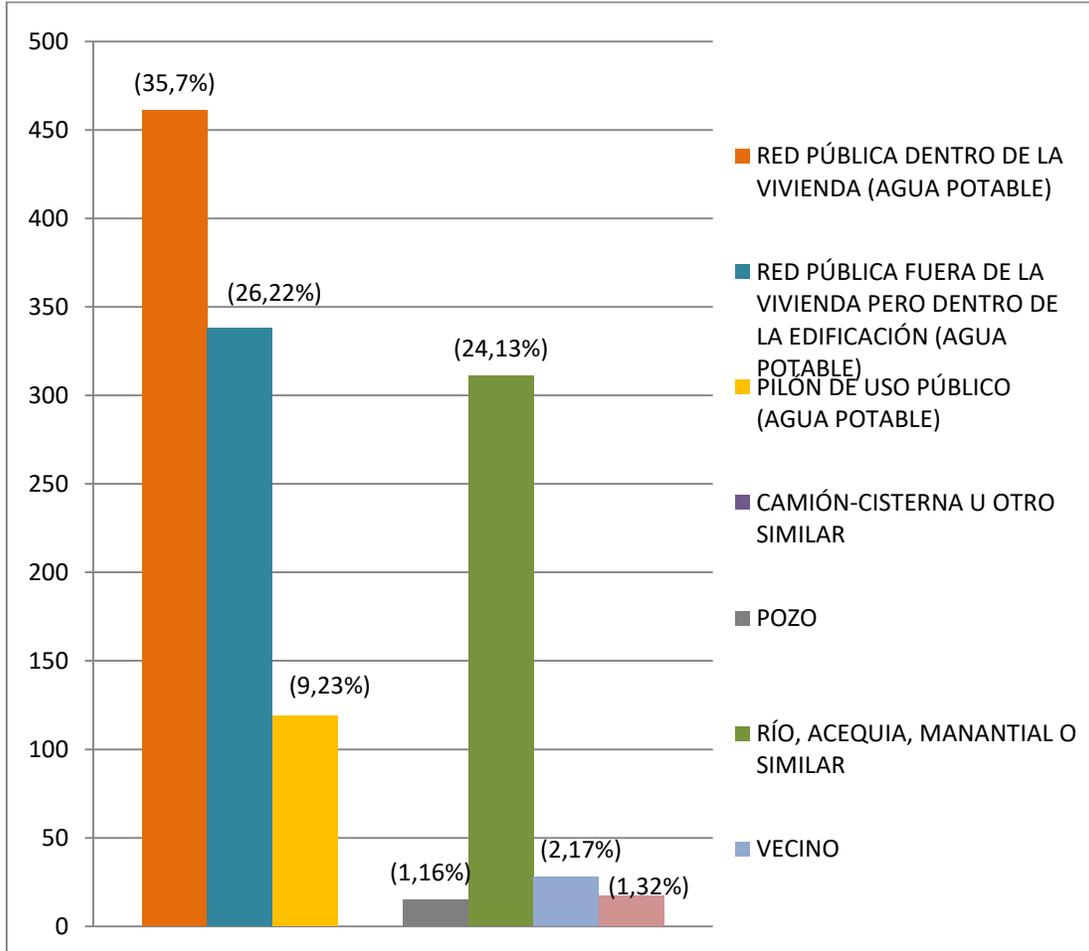


Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017

### 3.7.8.3. AGUA

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), el abastecimiento de agua del distrito de Chicla, se da de la siguiente manera: 35,7% lo hacen a través de una red pública dentro de la vivienda, asimismo el abastecimiento de agua fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación es de 26,22%, el 9,23% se abastecen del pilón de uso público (agua potable), 1,16% de pozo, 24,13% de río, acequia, manantial, 2,17% se abastecen de un vecino, y finalmente el 1,32% se abastece de otros medios. Ver figura 8.

**FIGURA 8. TIPOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**



Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017

#### 3.7.8.4. SALUD

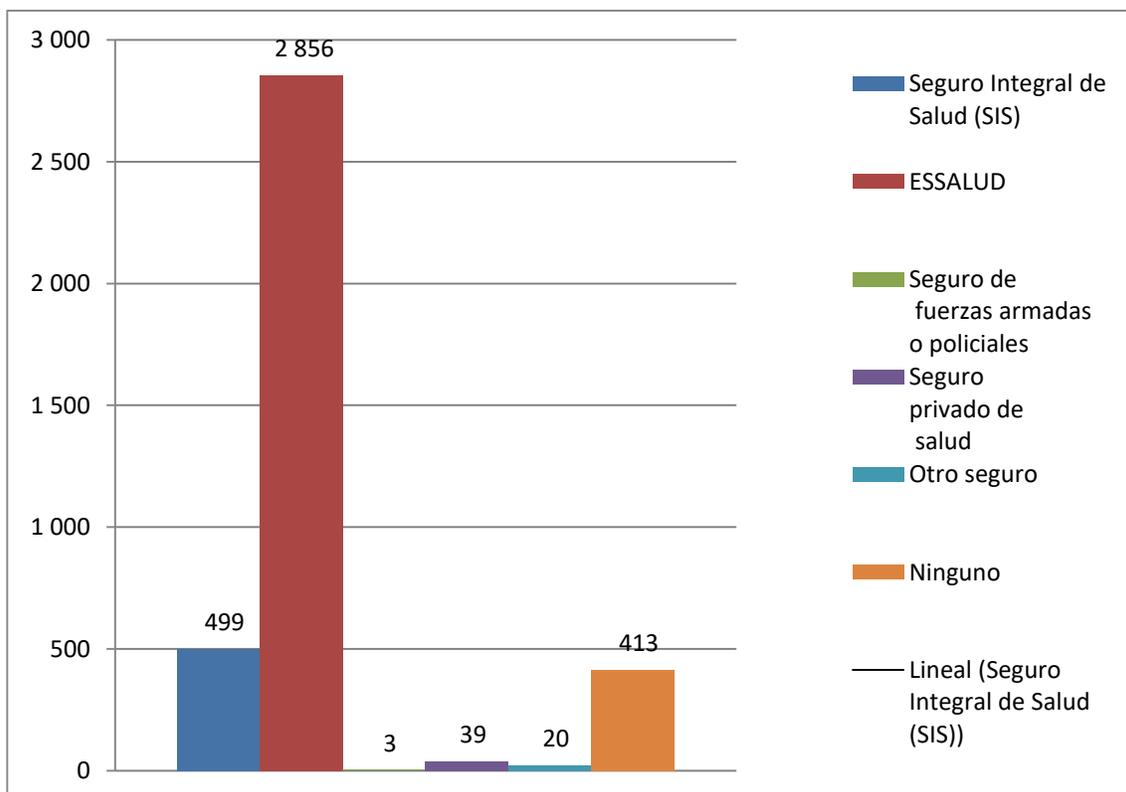
Acorde a la fuente del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI). De una población de 3826 habitantes, se tiene que 499 cuentan con afiliación al Seguro Integral de Salud (SIS), 2856 cuentan con afiliación a ESSALUD, 39 adquieren un seguro privado de salud y finalmente 20 cuentan con otro seguro. Estadísticamente se ilustra en el siguiente gráfico distribuido por tipo de afiliación a algún seguro de salud. Ver figura 9 y 10.

**FIGURA 9. PUESTO DE SALUD CHICLA**



Fuente: Municipalidad de Chicla

**FIGURA 10. AFILIACIÓN A ALGÚN SEGURO DE SALUD**



Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017

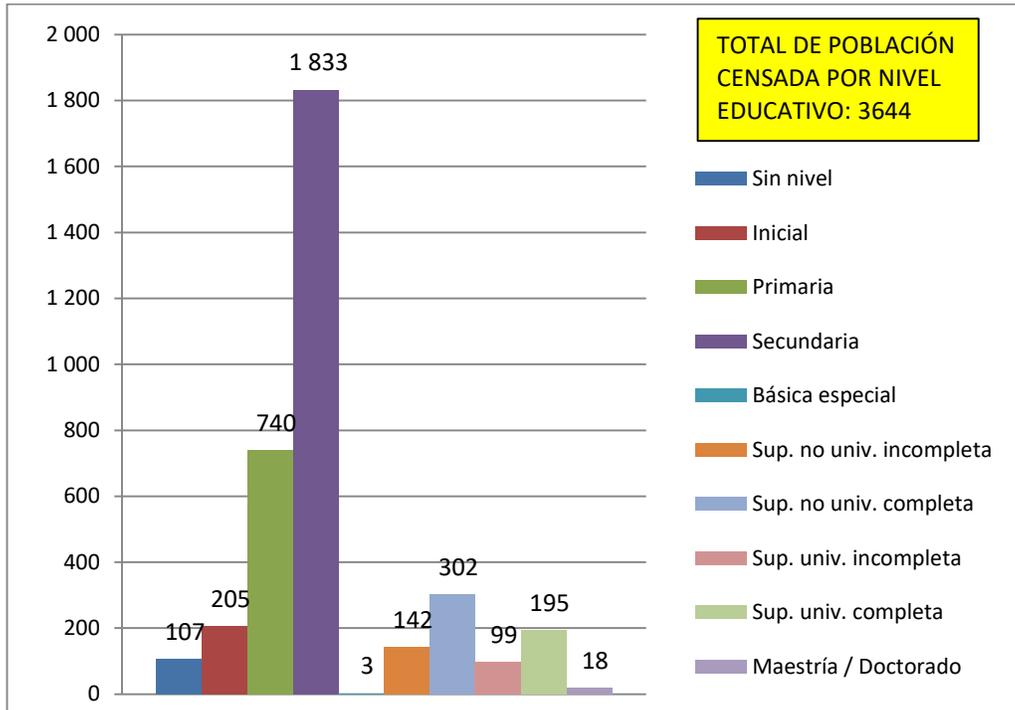
### **3.7.8.5. EDUCACIÓN**

Acorde a la fuente del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), De una población de 3644 personas, se tiene que 107 no cuentan con nivel de educación alguna, 205 cuentan con nivel inicial de educación, 740 cuentan con educación primaria, 1833 cuentan con educación secundaria, 99 cuentan con educación superior universitaria incompleta, 195 cuentan con educación superior universitaria completa, y finalmente 18 cuentan con estudios de Maestría/Doctorado.

Cuentan con el Colegio Manuel Odría(N° 20547), Colegio Isabel Flores de Oliva(N° 492), 2 Pronoís en Chicla (1.- Sala de Aprendizaje, 2.-Niños emprendedores 1er ciclo), Colegio José Basadre Grohman(N° 21601) en Casapalca, 2 Pronoís en Casapalca, Instituto Educativo Primaria e Inicial Polidocentes en Bellavista, 2 Pronoís en Barrio los Pinos Calzada, y Escuela Héroes de la Breña en Río Blanco. Ver figura 11 y 12.

***Fuente: Área Sub-Gerencia, Unidad Local de Empadronamiento (ULDE) Municipalidad Distrital de Chicla.***

**FIGURA 11. NIVEL EDUCATIVO DE LA POBLACIÓN**



Fuente: INEI – Censos Nacionales 2007

**FIGURA 12. CENTRO EDUCATIVO DEL DISTRITO DE CHICLA**



Fuente: Elaboración propia

### **3.7.9. ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS EN LA CUENCA**

Chicla es uno de los distritos en el cual se concentra la mayor cantidad de la actividad minero metalúrgico en la cuenca del Rímac.

Los centros mineros más importantes están representadas en las Unidades Económicas Administrativas (U.E.A) Ticlio "De Volcan Compañía Minera S.A.A", Casapalca" de empresa minera los Quenuales S.A., "Americana" de Compañía Minera Casapalca S.A, "Casapalca 7" de la empresa Minera Quenuales S.A., (ex Perú bar), "Casapalca" de la Compañía Minera San Juan.

En la cuenca alta del río Rímac se han identificado 220 pasivos ambientales mineros, de los cuales 37 pasivos mineros se encuentran en el distrito de Chicla, que representa más del 2% a nivel nacional. (*Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Asuntos Ambientales, Art. año 2016*).

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO RÍMAC EN EL SECTOR DE CHICLA**

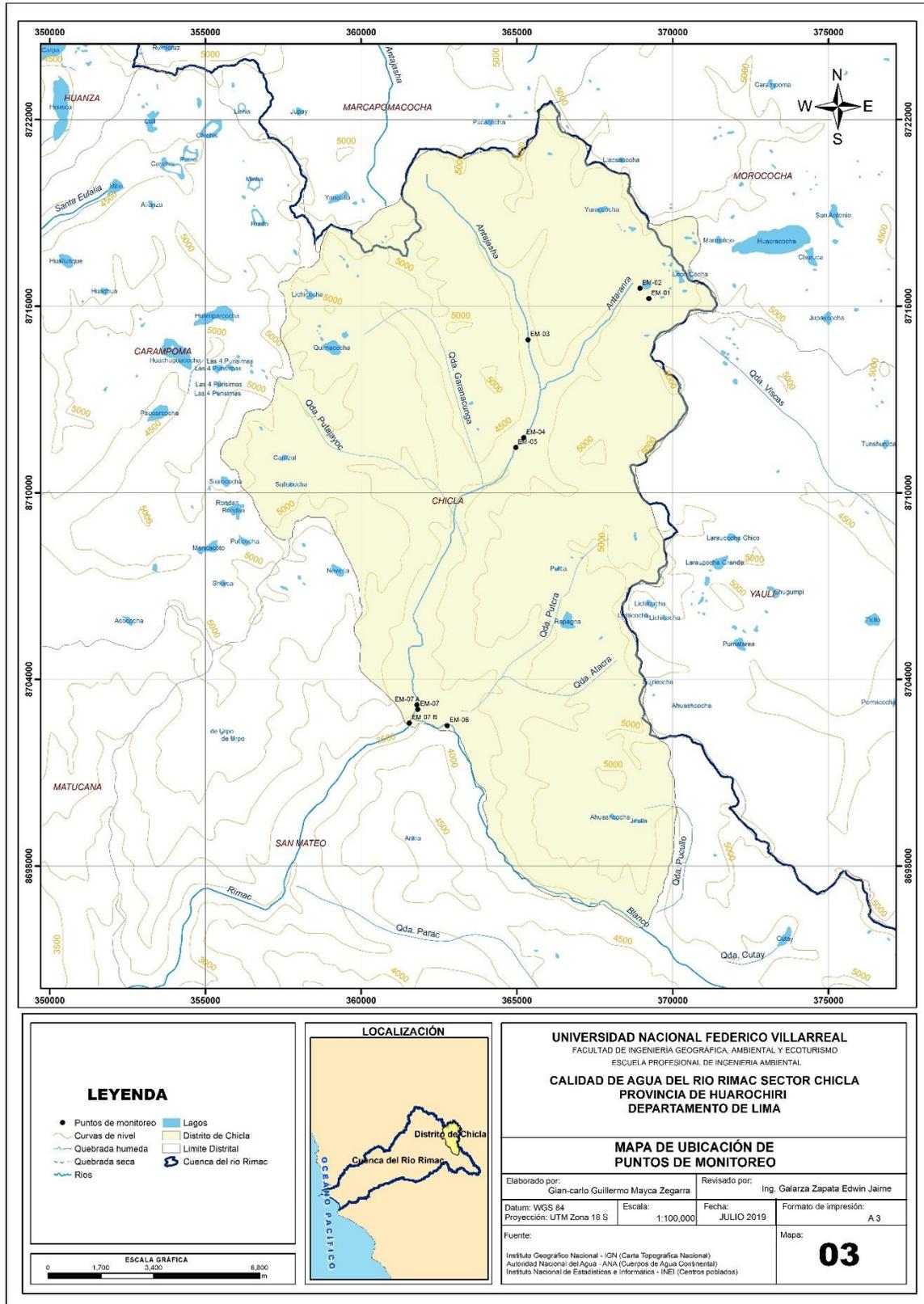
Para realizar la evaluación de la calidad del agua de la cuenca alta del río Rímac en el sector de Chicla, se tuvo que generar y buscar la información de los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Río Rímac y sus tributarios de los años 2010 al 2018, dicha información se obtuvo de las Instituciones del Estado, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio de agua potable y alcantarillado de lima (SEDAPAL), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental(OEFA) y la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) respectivamente.

Por otro lado se realizó la toma de muestras en 2 puntos de monitoreo de la Cuenca Alta del río Rímac en el mes de mayo del presente año 2019, tomando como referencia al punto de monitoreo ("RRima -3": Río Rímac, puente Anchi II, Carretera Central Km 100, antes de la unión con río Blanco.) establecido en la red de puntos de monitoreo de calidad de agua del río Rímac, codificado como EM -07 para la presente investigación. Estos 2 puntos de monitoreo fueron codificados de la siguiente manera: EM-07-A y EM-07-B.

Para la evaluación de la calidad de agua se empleó el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 1: Poblacional y recreacional, sub categoría A-2: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que compila los DS N°002-2008-MINAM, DS N°023-2009-MINAM y el DS N°015-2015-MINAM respectivamente.

En la actual tesis de investigación, se estableció trabajar con un total de 7 estaciones de monitoreo, las cuales fueron codificadas para la presente investigación como: EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07. En cada estación de monitoreo se obtuvieron las muestras de agua las cuales son realizadas con una frecuencia mensual, respetando los lineamientos indicados en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua – DGCRH, para luego ser analizados en los laboratorios, y así determinar la concentración de elementos contaminantes del agua, los cuales se clasificaron de la siguiente manera: Parámetros físico-químicos (demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, turbidez, cadmio, cobre, hierro, cromo, plomo, zinc, manganeso, arsénico y aluminio) y Parámetros microbiológicos (Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes). Ver Mapa 3.

### MAPA 3. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO



También se realiza el análisis de cada elemento presente en el agua, partiendo de la clasificación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos respectivamente, de las 07 estaciones de monitoreo que se ubican en los cuerpos de agua, a lo largo de la cuenca alta del Río Rímac y Tributarios del Sector de Chicla, para finalmente analizarlos en función a la normativa nacional.

Una vez obtenidos los resultados del análisis de los elementos presentes en agua citados líneas arriba, se pudieron construir las tablas 5 al 41 y las figuras 13 al 42 con la finalidad de poder analizar la variación de las concentraciones de estos elementos durante los años 2010 – 2018 y 2019.

Asimismo, señalar que no se obtuvo información de todos los años para cada elemento analizado, puesto que algunos elementos no se monitorearon desde el año 2010, como es el caso del Aluminio, y el Antimonio que se monitorearon desde el año 2012.

#### **4.2. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

Los valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos -DGCRH efectuados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental(OEFA) y SEDAPAL respectivamente, desde el año 2010 hasta el 2018, se determinaron los promedios de las concentraciones de metales pesados en temporada de avenida, para posteriormente ser comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría 1: Poblacional y recreacional, sub categoría A-2, los cuales se ilustran en las tablas 5 al 10. Del mismo modo, en base a los resultados obtenidos

se elaboraron las figuras que ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los metales pesados en el período de tiempo de estudio. Ver figura 13 al 24.

**TABLA 5. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2010**

	<b>COBRE</b> mg/L	<b>CROMO</b> mg/L	<b>CADMIO</b> mg/L	<b>HIERRO</b> mg/L	<b>MANGANESO</b> mg/L	<b>ZINC</b> mg/L	<b>PLOMO</b> mg/L
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.050	0.028	0.018	4.040	5.190	2.840	0.066
<b>EM-02</b>	0.010	0.028	<0,010	0.154	0.013	0.136	0.025
<b>EM-03</b>	0.010	0.028	<0,010	1.380	0.027	0.045	0.025
<b>EM-04</b>	0.072	0.028	0.015	0.988	0.919	0.372	0.044
<b>EM-05</b>	---	0.028	---	---	---	---	---
<b>EM-06</b>	0.010	0.028	<0,010	1.850	0.055	0.372	0.025
<b>EM-07</b>	0.054	0.028	0.020	1.630	0.310	0.343	0.057

Fuente: Elaboración propia.

(Datos DIGESA y SEDAPAL)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 6. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2011**

	ARSÉNICO mg/L	COBRE mg/L	CROMO mg/L	CADMIO mg/L	HIERRO mg/L	MANGANESO mg/L	ZINC mg/L	PLOMO mg/L
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0,0339	0,044	0.028	0,021	2.770	15.040	9,615	0,172
<b>EM-02</b>	0,0046	0,010	0.028	<0,010	0.044	0.018	0,011	0,025
<b>EM-03</b>	0,0093	0,010	0.028	<0,010	0.758	0.056	0,033	0,025
<b>EM-04</b>	0,0213	0,195	0.028	0,014	1.940	3.170	2,710	0,101
<b>EM-05</b>	---	---	0.028	---	---	---	---	---
<b>EM-06</b>	0,0005	0,010	0.028	<0,010	3.140	0.162	0,044	0,026
<b>EM-07</b>	0,0407	0,043	0.028	<0,010	6.970	0.290	1,560	0,097

Fuente: Elaboración propia.

(Datos DIGESA y SEDAPAL)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 7. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2012**

	ARSÉNICO	COBRE	CROMO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO	ALUMINIO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>	<b>0.2</b>
<b>EM-01</b>	0.005	<0.003	<0.006	---	0.084	0.03	<0.003	<0.001	<0.06
<b>EM-02</b>	0.017	0.044	<0.006	0.009	1.76	20.26	3.329	0.045	1.13
<b>EM-03</b>	0.006	<0.003	<0.006	<0.0006	0.86	0.052	0.008	0.002	0.95
<b>EM-04</b>	0.011	0.096	<0.006	0.0046	1.176	1.281	0.566	0.011	1.31
<b>EM-05</b>	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>EM-06</b>	0.011	0.061	<0.006	0.0024	1.903	0.7219	0.339	0.046	1.95
<b>EM-07</b>	0.004	<0.003	<0.006	0.0006	0.324	0.023	<0.003	<0.001	0.46

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 8. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2013**

	ARSÉNICO mg/L	COBRE mg/L	CROMO mg/L	CADMIO mg/L	HIERRO mg/L	MANGANESO mg/L	ZINC mg/L	PLOMO mg/L	ALUMINIO mg/L
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>	<b>0.2</b>
<b>EM-01</b>	0,0293	0,0691	<0.0004	0,0096	1,9638	9,4065	5,6209	0,0854	1,7473
<b>EM-02</b>	0,0019	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0,0517	0,0726	0,0128	<0.0004	0,0303
<b>EM-03</b>	<0.001	0,001	<0.0004	<0.0004	0,3318	0,0319	0,0112	0,0043	0,2213
<b>EM-04</b>	0,0107	0,0476	<0.0004	0,0012	0,8325	1,2467	0,9179	0,0201	0,712
<b>EM-05</b>	0,0101	0,0498	<0.0004	0,0013	1,0281	1,2	0,9029	0,0379	0,7847
<b>EM-06</b>	0,0018	0,0023	<0.0004	<0.0004	0,1823	0,0207	0,0111	0,0114	0,1935
<b>EM-07</b>	0,0081	0,0241	<0.0004	<0.0004	0,9077	0,6104	0,3951	0,0369	0,6061

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM

**TABLA 9. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2014**

	ARSÉNICO	COBRE	CROMO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO	ALUMINIO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>	<b>0.2</b>
<b>EM-01</b>	0.0369	0.1023	<0.0004	0.0108	3.875	12.191	6.0065	0.0627	2.1682
<b>EM-02</b>	<0.001	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.0721	0.0742	0.0203	<0.0004	0.0431
<b>EM-03</b>	<0.001	0.0005	<0.0004	<0.0004	0.2619	0.0198	<0.003	<0.0004	0.2051
<b>EM-04</b>	0.0012	0.0261	<0.0004	<0.0004	0.5986	1.3999	0.6518	0.0088	0.4553
<b>EM-05</b>	<0.001	0.0279	<0.0004	<0.0004	0.6713	1.4514	0.673	0.0118	0.566
<b>EM-06</b>	<0.001	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.0702	0.007	0.0065	<0.0004	0.1086
<b>EM-07</b>	<0.001	0.0166	<0.0004	<0.0004	0.8332	0.6957	0.3373	0.0198	0.4983

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 10. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2016**

	ARSÉNICO mg/L	COBRE mg/L	CROMO mg/L	CADMIO mg/L	HIERRO mg/L	MANGANESO mg/L	ZINC mg/L	PLOMO mg/L	ALUMINIO mg/L
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.005</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>	<b>5</b>
<b>EM-01</b>	<0.007	<0.002	<0.001	0.001	0.220	8.015	0.443	0.014	0.048
<b>EM-02</b>	<0.007	<0.002	--	<0.00018	---	---	0.018	0.004	---
<b>EM-03</b>	<0.007	<0.002	<0.001	0.00023	0.159	0.019	0.009	<0.001	0.074
<b>EM-04</b>	<0.007	0.015	<0.001	0.00047	0.168	1.419	0.108	0.007	0.095
<b>EM-05</b>	<0.007	0.028	<0.001	<0.00018	0.514	1.497	0.211	0.055	0.319
<b>EM-06</b>	<0.007	0.004	<0.001	<0.00018	0.044	0.009	0.015	0.003	0.052
<b>EM-07</b>	<0.007	0.023	<0.001	0.00027	0.245	0.620	0.150	0.009	0.112

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

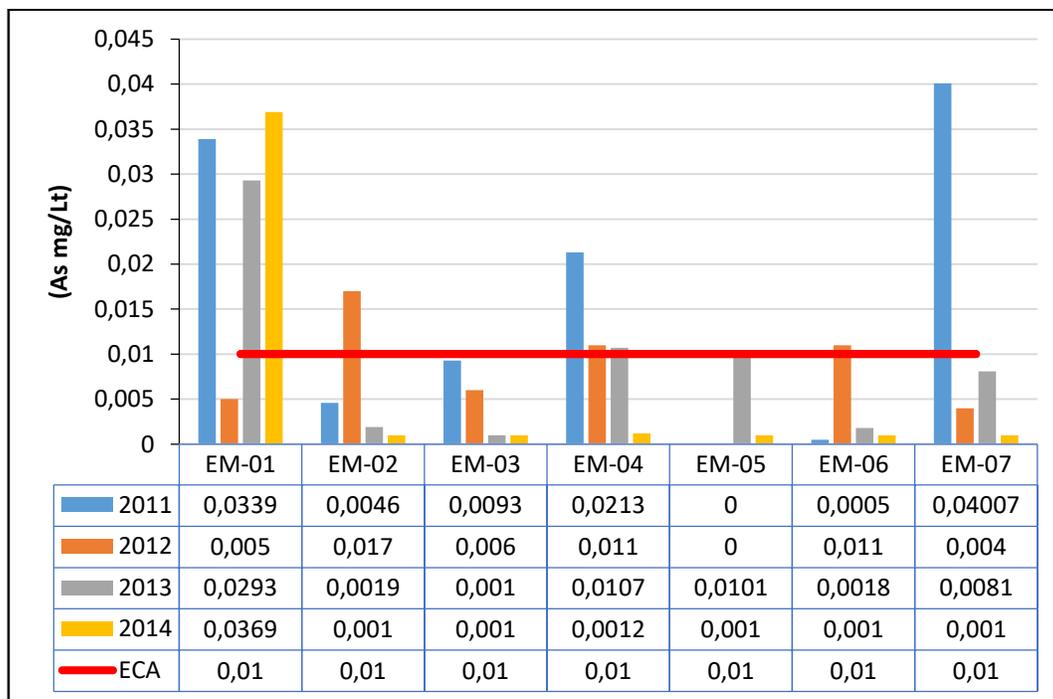
Según Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

#### **4.2.1. VARIACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

Se elaboraron los respectivos gráficos de la variación de la concentración de metales pesados en época de Avenida, tomando de referencia la información presentada en las tablas trabajadas con los datos obtenidos - tablas 5 al 10, cabe mencionar que, para la elaboración de las tablas de la variación de las concentraciones de metales pesados en época de avenida, se han tomado en cuenta los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2016( información obtenida de los resultados de los monitoreos de la calidad de agua superficial de la Cuenca del río Rímac – época de avenida).

Asimismo, se han tomado en cuenta para la elaboración de las siguientes gráficas, a los metales pesados con concentraciones que han superado los Estándares de Calidad Ambiental para agua en por lo menos una estación de monitoreo. Del mismo modo se optó trabajar con los datos de las concentraciones de metales pesados, de los cuales se tenía información de más de 3 años, para lograr visualizar de mejor forma la variación de la concentración en el tiempo.

**FIGURA 13. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN ÉPOCA DE AVENIDA**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua)

Como se puede observar en la figura 13, donde se muestra la variación del Arsénico en época de avenida, el arsénico estuvo presente en 5 de las estaciones de monitoreo en estudio, superando en 4 de ellas el estándar de calidad ambiental para agua.

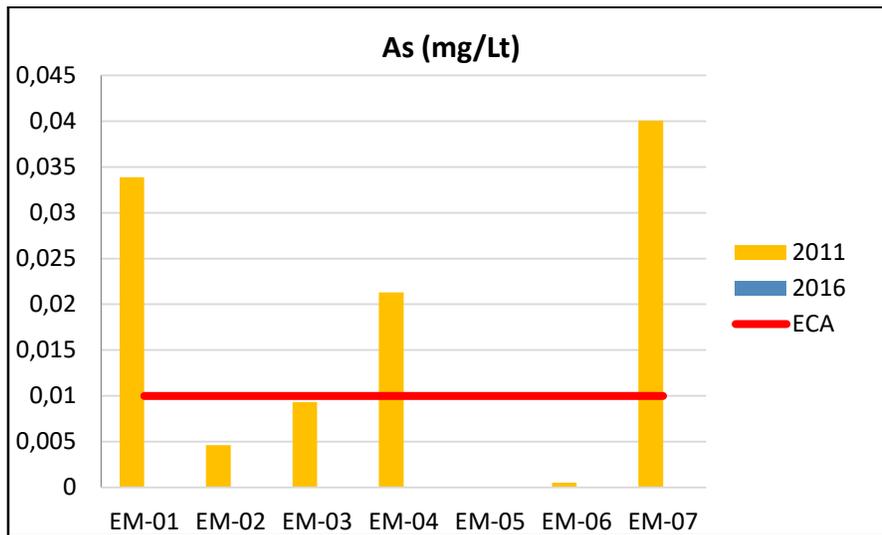
Durante el año 2011, las concentraciones del arsénico superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-07), su concentración varió en un rango de 0,0005 y

0,0407mg/l y su máxima concentración se halló en la estación de monitoreo EM-07, valor que supera el ECA en un 407%. Durante el año 2012, el arsénico superó el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-02, EM-04, EM-06) y su concentración varió entre 0.004 y 0.017 mg/l, la máxima concentración se halló en la estación EM-02, éste valor supera el ECA en un 170%. Durante el año 2013, las concentraciones del arsénico superaron al ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05), y su concentración varió entre 0.001 y 0,0293 mg/l, la máxima concentración se presentó en la estación EM-01, concentración que supera en un 293% el ECA.

Durante el año 2014, las concentraciones del arsénico superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 0.0369 mg/l, la cual supera el ECA en un 369%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06, EM-07) los valores están por debajo de 0.001 mg/l, y por ende por debajo del ECA. Durante el año 2016, las concentraciones del arsénico no superaron los ECA en todas sus estaciones de monitoreo en estudio, donde los valores están por debajo de 0.007 mg/l.

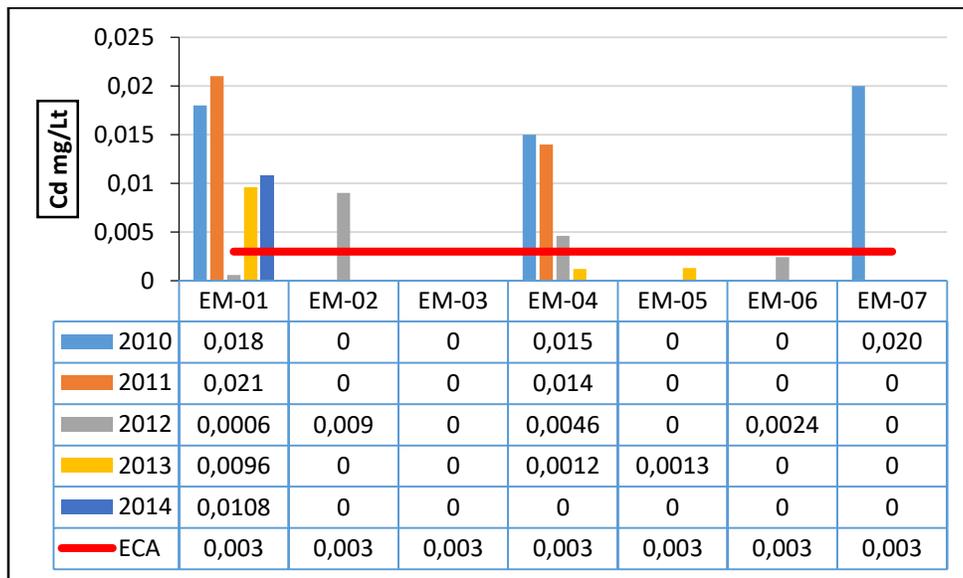
Al comparar las concentraciones del arsénico entre los años 2011 y 2016 en época de avenida respectivamente, se podrá observar que para el año 2011 las concentraciones han superado los ECA en las estaciones EM-01, EM-04 y EM-07, y que para el año 2016, las concentraciones del arsénico han disminuido en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA establecido. Figura 14.

**FIGURA 14. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑOS 2011 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua)

**FIGURA 15. VARIACIÓN DEL CADMIO EN ÉPOCA DE AVENIDA**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Para el metal Cadmio, se observa la figura 15, durante la época de avenida para el año 2010, donde las concentraciones del cadmio superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio, y su concentración varió en un rango de <0,010 y 0,020mg/l y su máxima concentración se halló

en la estación de monitoreo EM-07, valor que supera el ECA en un 666.67%. Durante el año 2011, las concentraciones del cadmio superaron el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04), y su máxima concentración se halló en la estación de monitoreo EM-01 con 0,021mg/l, asimismo en las 4 estaciones restantes (EM-02, EM-03, (EM-06 y EM-07) los valores están por debajo de <0,010 mg/l, y por ende por debajo del ECA.

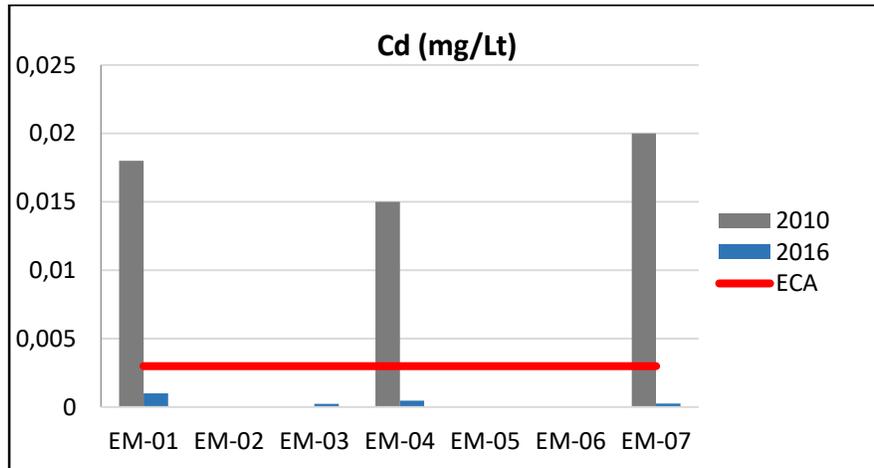
Para el año 2012 (época de avenida), las concentraciones del cadmio superaron el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-02 y EM-04) y su concentración varió entre <0.0006 y 0.009 mg/l, la máxima concentración se halló en la estación EM-02, éste valor supera el ECA en un 300%. Durante el año 2013, las concentraciones del cadmio superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 0.0096 mg/l, el cual supera el ECA en un 320%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06, EM-07) los valores están por debajo de <0.0004 mg/l, y por ende por debajo del ECA.

Para el año 2014 (época de avenida), las concentraciones del cadmio superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 0.0108 mg/l, el cual supera el ECA en un 360%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06, EM-07) los valores están por debajo de <0.0004 mg/l, y por ende por debajo del ECA. Durante el año 2016(época de avenida) las concentraciones del cadmio han disminuido en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA.

Al comparar las concentraciones del cadmio entre los años 2010 y 2016 en época de avenida, se podrá observar que para el año 2010 las concentraciones han superado los ECA en 3 de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-04 y EM-07), y que para el año 2016, las concentraciones

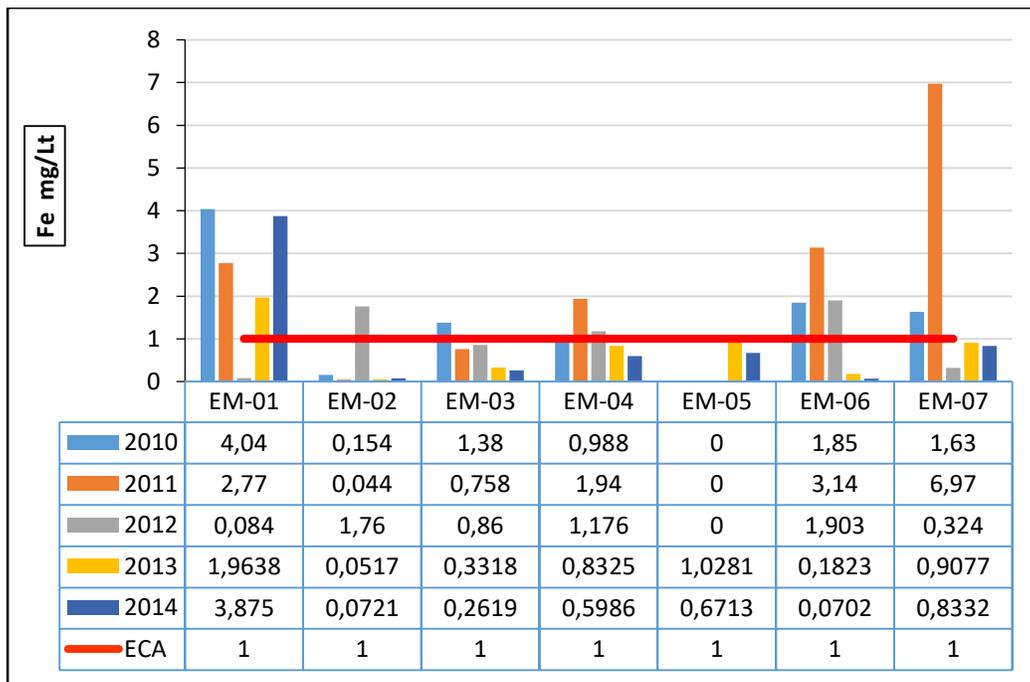
del cadmio han disminuido en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA establecido. Ver figura 16.

**FIGURA 16. VARIACIÓN DE CADMIO EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑOS 2010 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 17. VARIACIÓN DEL HIERRO EN ÉPOCA DE AVENIDA**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

En el caso del Hierro durante la época de avenida del año 2010, ver figura 17, podemos apreciar que las concentraciones del hierro superaron el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo en estudio, y su concentración varió en un rango de 0.154 y 4.040 mg/l y su máxima concentración se halló en la estación de monitoreo EM-01, valor que supera el ECA en un 404%. Para el año 2011, las concentraciones del hierro superaron el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-04, EM-06 y EM-07), y su concentración varió en un rango de 1.940 y 6.970 mg/l y su máxima concentración se halló en la estación de monitoreo EM-07, valor que supera el ECA en un 697%.

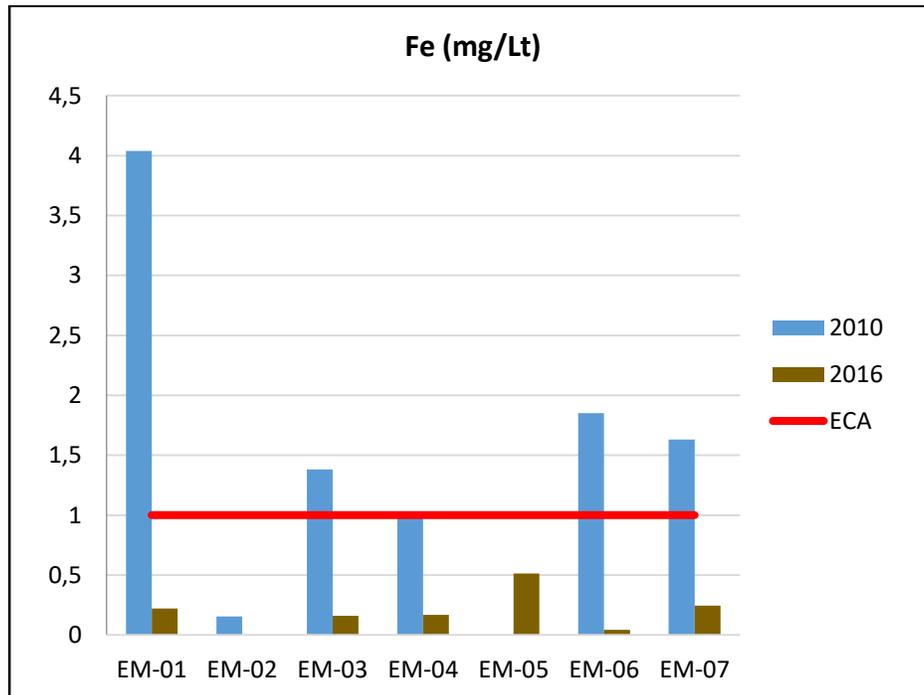
Durante el año 2012, el hierro supera el ECA en 3 estaciones de monitoreo (EM-02, EM-04 y EM-06), y su concentración varió en un rango de 1.176 y 1.903 mg/l, donde su máxima concentración se presentó en la estación EM-06, concentración que supera en un 190.3% el ECA. Para el año 2013 (época de avenida), las concentraciones del hierro superaron el ECA en 2 de las estaciones (EM-01 y EM-05), y su máxima concentración fue de 1.9638 mg/l (EM-05), la cual supera el ECA en un 196.38%, asimismo en las 5 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-06 y EM-07) los valores están por debajo de 0.9077 mg/l, y por ende por debajo del ECA.

Durante el año 2014, las concentraciones del hierro superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 3.875 mg/l, el cual supera el ECA en un 387.5%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes los valores están por debajo de 0.8332 mg/l, por debajo del ECA. Para el año 2016(época de avenida), las concentraciones del hierro no superaron el ECA en ninguna de las estaciones de monitoreo en estudio y sus concentraciones están por debajo de 0.514 mg/l.

Al comparar las concentraciones del hierro entre los años 2010 y 2016 en época de avenida, se podrá observar que para el año 2010 las concentraciones han superado el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-03, EM-06 y EM-07), y que para el año 2016, las concentraciones del hierro han disminuido en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA. Ver figura 18.

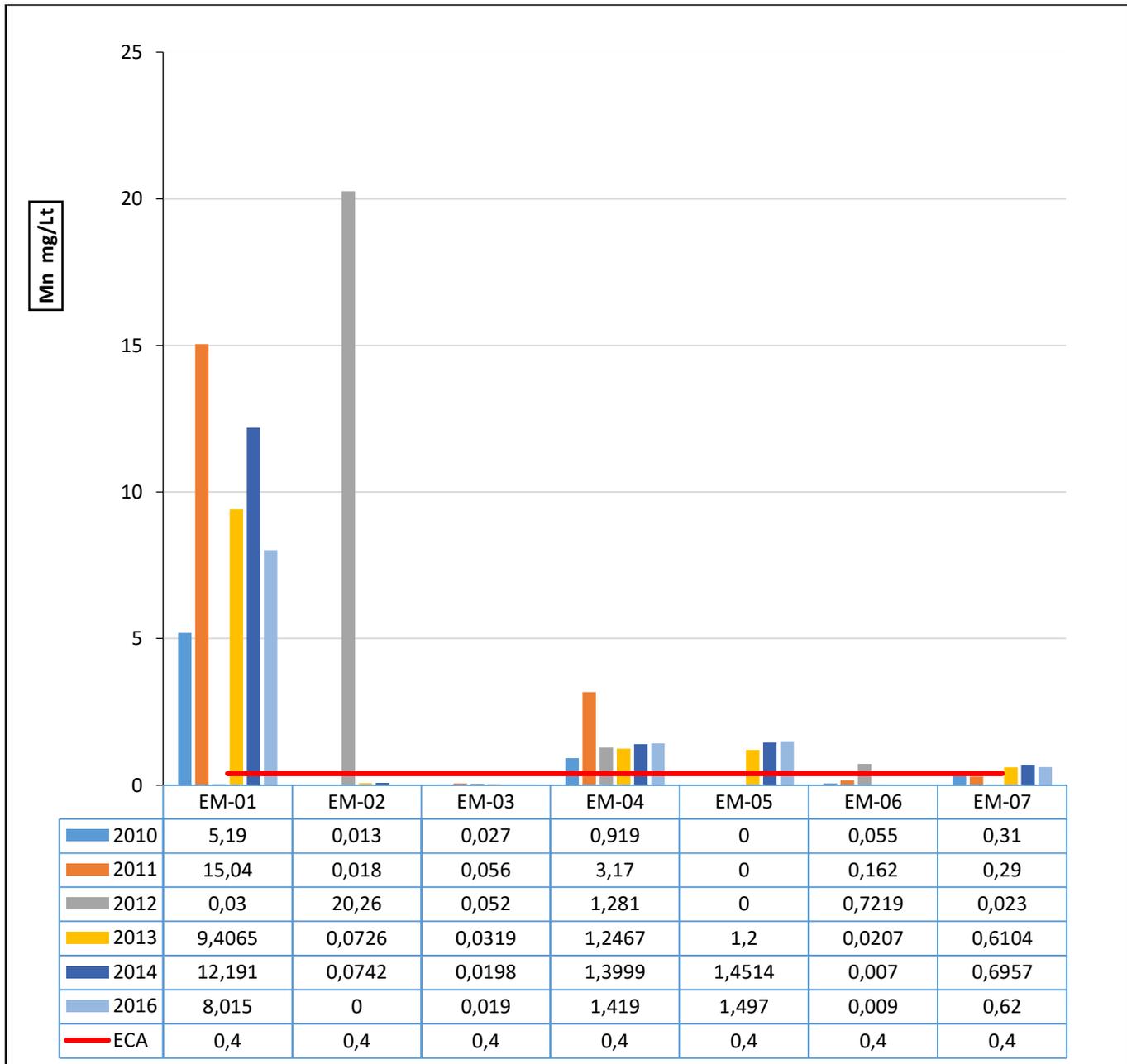
**FIGURA 18. VARIACIÓN DE HIERRO EN ÉPOCA DE AVENIDA**

**AÑOS 2010 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 19. VARIACIÓN DEL MANGANESO EN ÉPOCA DE AVENIDA**



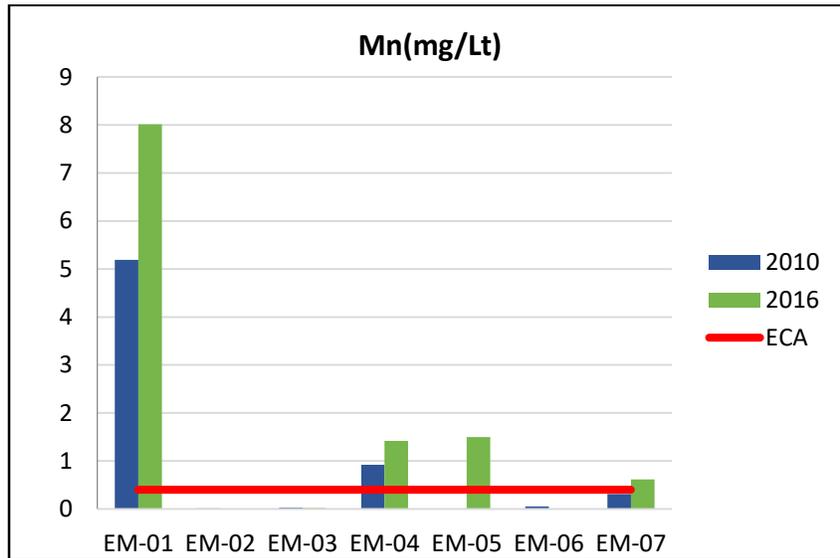
Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Durante la época de avenida del año 2010, ver figura 19, podemos apreciar que las concentraciones del manganeso superaron el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04)

y su máxima concentración fue de 5.190 mg/l (EM-01). Para el año 2011 las concentraciones del manganeso también superaron el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04) y su máxima concentración fue de 15.040 mg/l (EM-01). Para el año 2012 en época de avenida, las concentraciones del manganeso superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo (EM-02, EM-04 y EM-06), y su máxima concentración fue de 20.26 mg/l (EM-02). Durante el año 2013, el hierro superó el ECA en 4 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 9.4065 mg/l (EM-01). Para el año 2014 (época de avenida), las concentraciones del hierro superaron el ECA en 4 de las estaciones (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 12.191 mg/l (EM-01). ). Durante el año 2016, el hierro superó el ECA en 4 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 8.015 mg/l (EM-01).

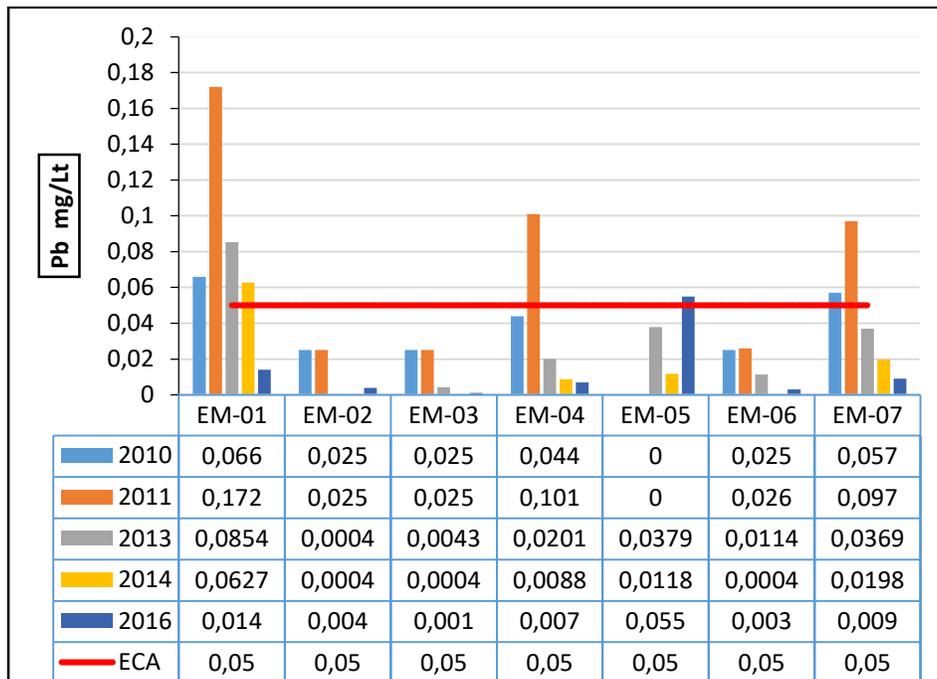
Al comparar las concentraciones del manganeso entre los años 2010 y 2016 (época de avenida), se podrá observar que el año 2010 las concentraciones han superado el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo (EM-01 y EM-04), y que el año 2016, las concentraciones del Mn han superado el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07). Ver figura 20.

**FIGURA 20. VARIACIÓN DE MANGANESO EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑOS 2010 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 21. VARIACIÓN DEL PLOMO EN ÉPOCA DE AVENIDA**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

El plomo, como se puede observar en la figura 21 durante la época de avenida del año 2010, las concentraciones de este metal superaron el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01 y EM-07) y su máxima concentración fue de 0.066 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 132%, asimismo en las 5 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-05 y EM-06) los valores están por debajo de 0.044 mg/l, y por ende por debajo del ECA. Para el año 2011 las concentraciones del plomo superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-07) y su máxima concentración fue de 0.172 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 344%.

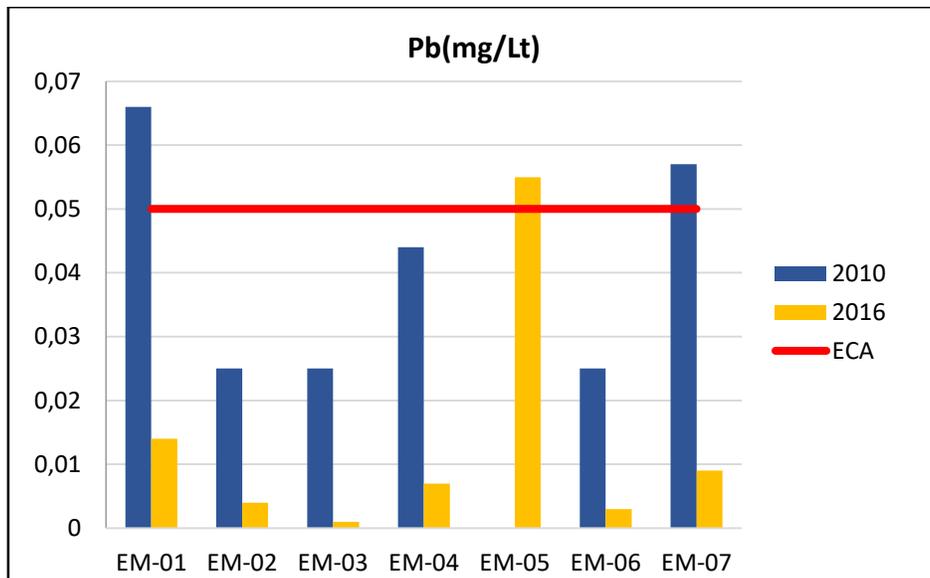
Durante el año 2012(época de avenida), las concentraciones del plomo han disminuido en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA. Para el año 2013, las concentraciones del plomo superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-01), y su máxima concentración fue de 0,0854 mg/l, valor que supera el ECA en un 170.8%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes los valores están por debajo de 0,0379 mg/l. Durante el año 2014(época de avenida), las concentraciones del plomo superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-01), y su máxima concentración fue de 0.0627 mg/l, valor que supera el ECA en un 125.4%.

Para el año 2016 (época de avenida), las concentraciones del plomo superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-05), y su máxima concentración fue de 0.055 mg/l, valor que supera el ECA en un 110%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes (EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-06 y EM-07) los valores están por debajo de 0.014mg/l, y por ende por debajo del ECA.

Al comparar las concentraciones del plomo entre los años 2010 y 2016 en época de avenida, se podrá observar que para el año 2010 las concentraciones han superado el ECA en 2 de las estaciones de monitoreo (EM-01 y EM-07), y que para el año 2016, las concentraciones de este metal han superado el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-05). Ver figura 22.

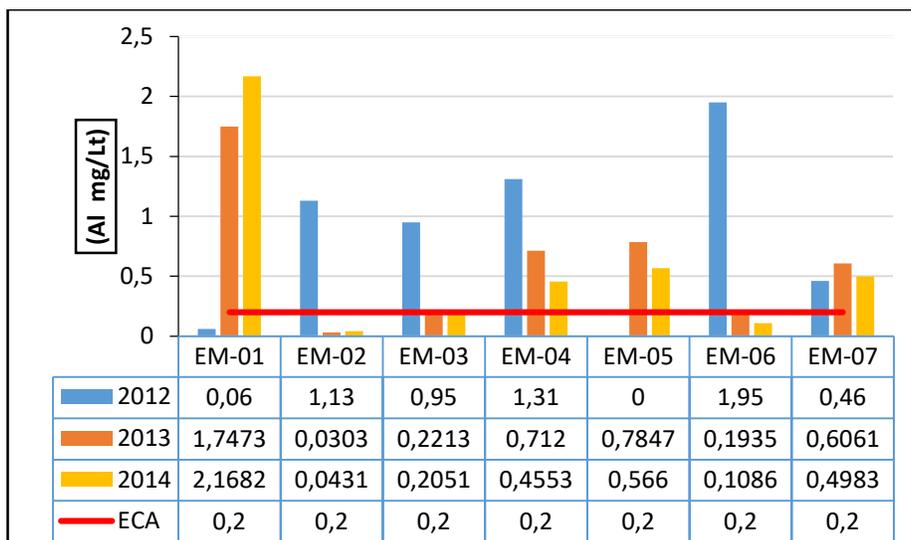
**FIGURA 22. VARIACIÓN DE PLOMO EN ÉPOCA DE AVENIDA**

**AÑOS 2010 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 23. VARIACIÓN DEL ALUMINIO EN ÉPOCA DE AVENIDA**

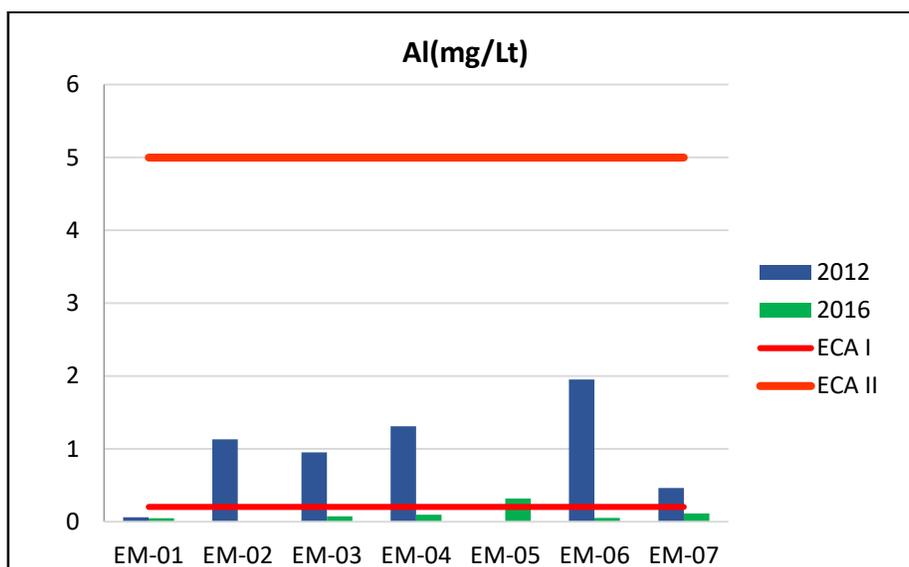


Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Durante la época de avenida del año 2012, ver figura 23, podemos apreciar que las concentraciones de Aluminio superaron el ECA en 5 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-02, EM-03, EM-04, EM-06 y EM-07) y su máxima concentración fue de 1.95 mg/l (EM-06), valor que supera el ECA en un 975%. Para el año 2013(época de avenida) las concentraciones del Aluminio superaron el ECA en 5 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-03, EM-04, EM-05 y EM-07) y su máxima concentración fue de 1.7473 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 874%.

Durante el año 2014(época de avenida) las concentraciones del aluminio superaron el ECA en 5 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-03, EM-04, EM-05 y EM-07) y su máxima concentración fue de 2.1682 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 1084%. Para el año 2016(época de avenida), las concentraciones del aluminio han disminuido en todas las estaciones de monitoreo en estudio, y se encuentran por debajo del ECA establecido. Ver figura 24.

**FIGURA 24. VARIACIÓN DE ALUMINIO EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑOS 2010 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

El Zinc, para la época de avenida del año 2011, 2013 y 2014, las concentraciones de este metal superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01) para todos estos años, y su máxima concentración fue de 9.611 mg/l, valor que supera el ECA en un 192.22%(2011), 5,6209 mg/l valor que supera el ECA en un 112.5%(2013), 6.0065 mg/l, valor que supera el ECA en un 120% (2014). Para los años 2012 y 2016, en época de avenida, las concentraciones de éste metal no superaron el ECA en ninguna de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07).

Si hacemos una comparación de las concentraciones de Zinc entre los años 2011 y 2016, en época de avenida se podrá apreciar que dichas concentraciones han disminuido en todas las estaciones de monitoreo, exceptuando a la estación (EM-01) en el año 2011 que sobrepasa el ECA.

#### **4.2.2. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

Una vez obtenidos los resultados de los monitoreos de la calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA y Autoridad Nacional del Agua (ANA) de los años 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018; y habiendo adicionado los 2 puntos de monitoreo muestreados en la presente investigación de la Cuenca Alta del río Rímac del Sector de Chicla del mes de mayo del presente año 2019, cuya codificación es EM-07-A y EM-07-B, se procede a calcular los promedios de las concentraciones de metales pesados en época de estiaje, para posteriormente compararlos con los valores que han sido fijados en la Norma, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, categorías 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, que compila los Decretos Supremos N° 002-2008-MINAM, DS N° 023-2009-MINAM y el DS 015-2015-MINAM, para luego representarlos en las tablas 11 al 18.

Asimismo, en base a los resultados obtenidos se elaboraron las respectivas figuras, donde se representa las variaciones de las concentraciones que tuvieron los metales pesados a lo largo del tiempo de estudiado. Ver figura del 25 al 36.

**TABLA 11. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2010**

	<b>COBRE</b>	<b>CROMO</b>	<b>CADMIO</b>	<b>HIERRO</b>	<b>MANGANESO</b>	<b>ZINC</b>	<b>PLOMO</b>
	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.010	0.028	<0.010	0.474	12.430	1.430	0.025
<b>EM-02</b>	0.010	0.028	<0.010	0.054	0.031	0.042	0.025
<b>EM-03</b>	0.010	0.028	<0.010	0.125	0.013	0.016	0.025
<b>EM-04</b>	0.050	0.028	<0.010	0.423	3.020	0.485	0.025
<b>EM-05</b>	---	0.028	<0.010	---	---	---	---
<b>EM-06</b>	0.018	0.028	<0.010	4.220	0.282	0.073	0.025
<b>EM-07</b>	0.036	0.028	<0.010	0.637	1.400	0.336	0.026

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 12. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2011**

	ARSÉNICO	COBRE	CROMO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.0182	0.010	0.028	<0.010	1.360	9.210	1.700	0.057
<b>EM-02</b>	0.0047	0.010	0.028	<0.010	0.058	0.078	0.023	0.025
<b>EM-03</b>	0.0260	0.010	0.028	<0.010	0.936	0.053	0.041	0.025
<b>EM-04</b>	0.0135	0.106	0.028	<0.010	0.593	1.850	0.441	0.034
<b>EM-05</b>	---	---	0.028	<0.010	---	---	---	---
<b>EM-06</b>	0.0138	0.010	0.028	<0.010	0.145	0.025	0.159	0.025
<b>EM-07</b>	0.0493	0.054	0.028	<0.010	0.354	0.214	1.710	0.046

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 13. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2013**

	ARSÉNICO	COBRE	ANTIMONIO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0,006</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.0167	0.0018	0,05	0.0014	0.1895	7.5692	0.7609	0.0246
<b>EM-02</b>	0.0032	0.0006	<0.002	<0.0004	0.0723	0.0553	<0.003	0.0058
<b>EM-03</b>	0.0031	0.001	<0.002	<0.0004	0.1682	0.0137	<0.003	0.0074
<b>EM-04</b>	0.0111	0.0031	0,0126	<0.0004	0.1339	1.9013	0.2343	0.0096
<b>EM-05</b>	0.0161	0.0298	0,011	0.0006	0.2532	2.057	0.4461	0.0239
<b>EM-06</b>	0.0032	0.0031	<0.002	<0.0004	0.0824	0.0182	0.0206	0.0157
<b>EM-07</b>	0.0072	0.0119	0,0027	<0.0004	0.1561	0.6285	0.1739	0.0178

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 14. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2014**

	ARSÉNICO	COBRE	ANTIMONIO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0,006</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.0265	<0.0004	0.069	<0.0004	0.1814	3.6934	0.3413	0.0103
<b>EM-02</b>	0.0048	0.003	<0.002	<0.0004	0.2817	0.0848	0.066	0.0058
<b>EM-03</b>	0.0019	<0.0004	<0.002	<0.0004	0.0833	0.0076	0.0208	<0.0004
<b>EM-04</b>	0.0122	0.0351	0.0148	<0.0004	0.1517	0.8265	0.1223	0.0057
<b>EM-05</b>	0.0103	0.0227	0.0173	<0.0004	0.2921	0.7839	0.117	0.0177
<b>EM-06</b>	<0.001	<0.0004	<0.002	<0.0004	0.0417	0.0082	0.0094	<0.0004
<b>EM-07</b>	0.0097	0.028	0.0093	<0.0004	0.2352	0.4536	0.1191	0.0097

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 15. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2015**

	ARSÉNICO	COBRE	ANTIMONIO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.006</b>	<b>0.003</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.015	<0.002	0.089	0.006	0.327	11.71	1.397	0.034
<b>EM-02</b>	<0.007	<0.002	<0.006	<0.001	0.058	0.035	0.020	<0.001
<b>EM-03</b>	<0.007	<0.002	<0.006	<0.001	0.075	0.009	0.018	<0.001
<b>EM-04</b>	0.009	<0.002	0.026	0.002	0.240	3.551	0.484	0.012
<b>EM-05</b>	0.008	0.118	0.031	0.002	0.210	3.798	0.494	0.014
<b>EM-06</b>	<0.007	0.006	<0.006	<0.001	0.060	0.012	0.032	0.002
<b>EM-07</b>	<0.007	0.066	0.013	0.001	0.168	1.904	0.285	0.007

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

**TABLA 16. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2017**

	<b>ARSÉNICO</b>	<b>COBRE</b>	<b>ANTIMONIO</b>	<b>CADMIO</b>	<b>HIERRO</b>	<b>MANGANESO</b>	<b>ZINC</b>	<b>PLOMO</b>
	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>	<b>mg/L</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.02</b>	<b>0.005</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.02790	0.00908	0.08827	0.00273	0.4746	5.412	0.8304	0.0594
<b>EM-02</b>	0.01681	0.00731	0.00474	0.00041	0.9442	0.07573	0.0441	0.0228
<b>EM-03</b>	0.00368	0.00117	0.00069	<0.00001	0.1242	0.00913	<0.0100	0.0009
<b>EM-04</b>	0.01638	0.02203	0.03709	0.00098	0.2774	2.070	0.3315	0.0229
<b>EM-05</b>	0.01618	0.01840	0.03795	0.00105	0.2745	2.037	0.3284	0.0210
<b>EM-06</b>	0.00372	0.00160	0.00092	<0.00001	0.1292	0.01189	<0.0100	0.0008
<b>EM-07</b>	0.00937	0.00805	0.01971	0.00054	0.1158	0.6622	0.1642	0.0042

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

**TABLA 17. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2018**

	ARSÉNICO	COBRE	ANTIMONIO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>	<b>0.02</b>	<b>0.005</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-01</b>	0.01267	0.00844	0.05856	0.00249	0.4806	9.439	0.9697	0.0550
<b>EM-02</b>	0.00794	0.0024	0.0091	<0.00001	0.1333	0.03082	<0.0100	0.0025
<b>EM-03</b>	0.0034	0.00251	0.00132	<0.00001	0.1510	0.02733	0.0132	0.0014
<b>EM-04</b>	0.0077	0.0601	0.01155	0.00221	0.1839	1.653	0.4265	0.0095
<b>EM-05</b>	0.0099	0.0703	0.01289	0.00213	0.3786	1.693	0.4212	0.0271
<b>EM-06</b>	0.003	0.00157	0.00089	<0.00001	0.2145	0.2075	<0.0100	0.011
<b>EM-07</b>	0.00635	0.00816	0.000691	<0.00001	0.2007	0.7574	<0.0100	0.0054

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

**TABLA 18. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2019**

	ARSENICO	ALUMINIO	COBRE	ANTIMONIO	CADMIO	HIERRO	MANGANESO	ZINC	PLOMO
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>0.01</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0.02</b>	<b>0.005</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>	<b>5</b>	<b>0.05</b>
<b>EM-07-A</b>	<0.00021	0.111	0.00840	<0.00028	0.00193	0.1004	2.108	0.1679	<0.00026
<b>EM-07-B</b>	<0.00021	0.120	0.00739	<0.00028	0.00194	0.1446	2.150	0.1783	<0.00026

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

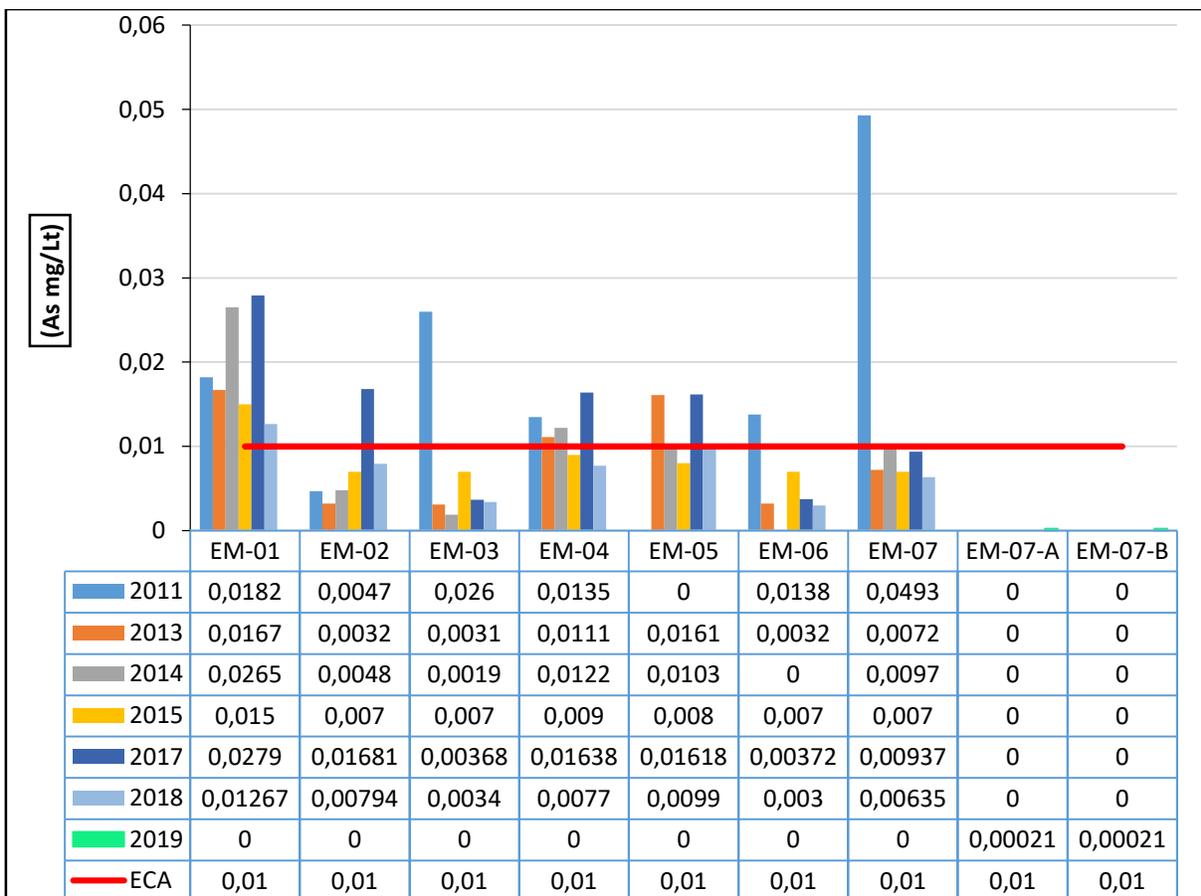
Según Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

#### **4.2.3. VARIACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

Se elaboraron las respectivas figuras de la variación de la concentración de metales pesados en época de Estiaje, tomando de referencia la información presentada en los cuadros trabajados con los datos obtenidos (tablas del 11 al 18), cabe mencionar que, para la elaboración de las tablas de la variación de las concentraciones de metales pesados en época de estiaje, se tomaron en cuenta los años 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 y 2018( información obtenida de los resultados de monitoreos de la calidad de agua superficial de la Cuenca del río Rímac – época de estiaje). Asimismo, se han tomado en cuenta para la elaboración de las siguientes figuras 25 al 36) a los

metales pesados con concentraciones que han superado los Estándares de Calidad Ambiental para agua en por lo menos una estación de monitoreo. Del mismo modo se optó trabajar con los datos de las concentraciones de metales pesados, de los cuales se tenía información de más de 3 años, para lograr visualizar de mejor forma la variación de la concentración en el tiempo.

**FIGURA 25. VARIACIÓN DEL ARSÉNICO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

En época de estiaje también hubo presencia de concentraciones de arsénico, como se puede apreciar en la figura 25. Durante la época de estiaje del año 2011, las concentraciones de éste metal superaron el ECA en las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-03, EM-04, EM-06 y EM-07) y su

concentración varió en un rango de 0,0047 y 0,0493 mg/l, la máxima concentración se presentó en la estación EM-07, concentración que supera en un 493% el ECA. Para el año 2013(época de estiaje), el arsénico supera el ECA en 3 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-05), y su concentración varió entre 0.0031 y 0,0167 mg/l, la máxima concentración se presentó en la estación EM-01, concentración que supera en un 167% el ECA.

Durante el año 2014, el arsénico supera el ECA en 3 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-05), siendo su mayor concentración 0,0265 mg/l(estación EM-01), cuya concentración supera en un 265% el ECA. Asimismo en las 4 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-06 y EM-07) los valores están por debajo de 0.001 mg/l. En época de estiaje del año 2015, las concentraciones del arsénico superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 0.015 mg/l, la cual supera el ECA en un 150%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06, EM-07) los valores están por debajo de 0.007 mg/l, y por ende por debajo del ECA.

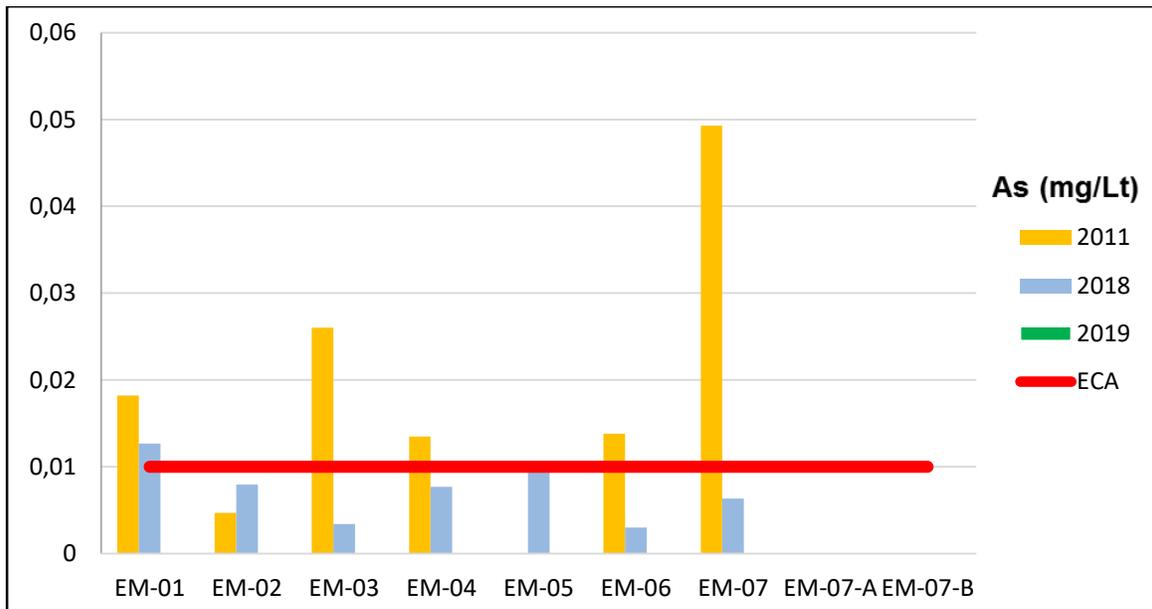
Durante el año 2017, el arsénico supera el ECA en 4 estaciones de monitoreo (EM-01, EM-02, EM-04 y EM-05), y su concentración varió en un rango de 0,00368 y 0,02790 mg/l, la máxima concentración se presentó en la estación EM-01, concentración que supera en un 279% el ECA. Para el año 2018 (época de estiaje), las concentraciones del arsénico superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 0.01267 mg/l, la cual supera el ECA en un 126.7%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes (EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06, EM-07) los valores están por debajo de 0.003 mg/l, y por ende por debajo del ECA. Asimismo para el presente trabajo de investigación del año 2019 (época de estiaje) se realizó 1 monitoreo, donde se eligieron 2 puntos para la toma de muestras, los cuales fueron codificadas como: EM-07-

A y EM-07-B, también se observó que las concentraciones del arsénico no superan el ECA en ninguno de los 2 puntos analizados, y sus valores están por debajo de  $<0.00021$  mg/l.

Asimismo se comparó las concentraciones del Arsénico entre los años 2011, 2018 y 2019 (tomando en cuenta los 2 puntos de monitoreo donde se tomaron las muestras para la presente investigación) en época de estiaje, y se pudo apreciar que para el año 2011, las concentraciones han superado el ECA en las estaciones EM-01, EM-03, EM-04, EM-06 y EM-07, y que para el año 2018 las concentraciones superaron el ECA en tan sólo 1 estación de monitoreo en estudio (EM-01). Ver figura 26.

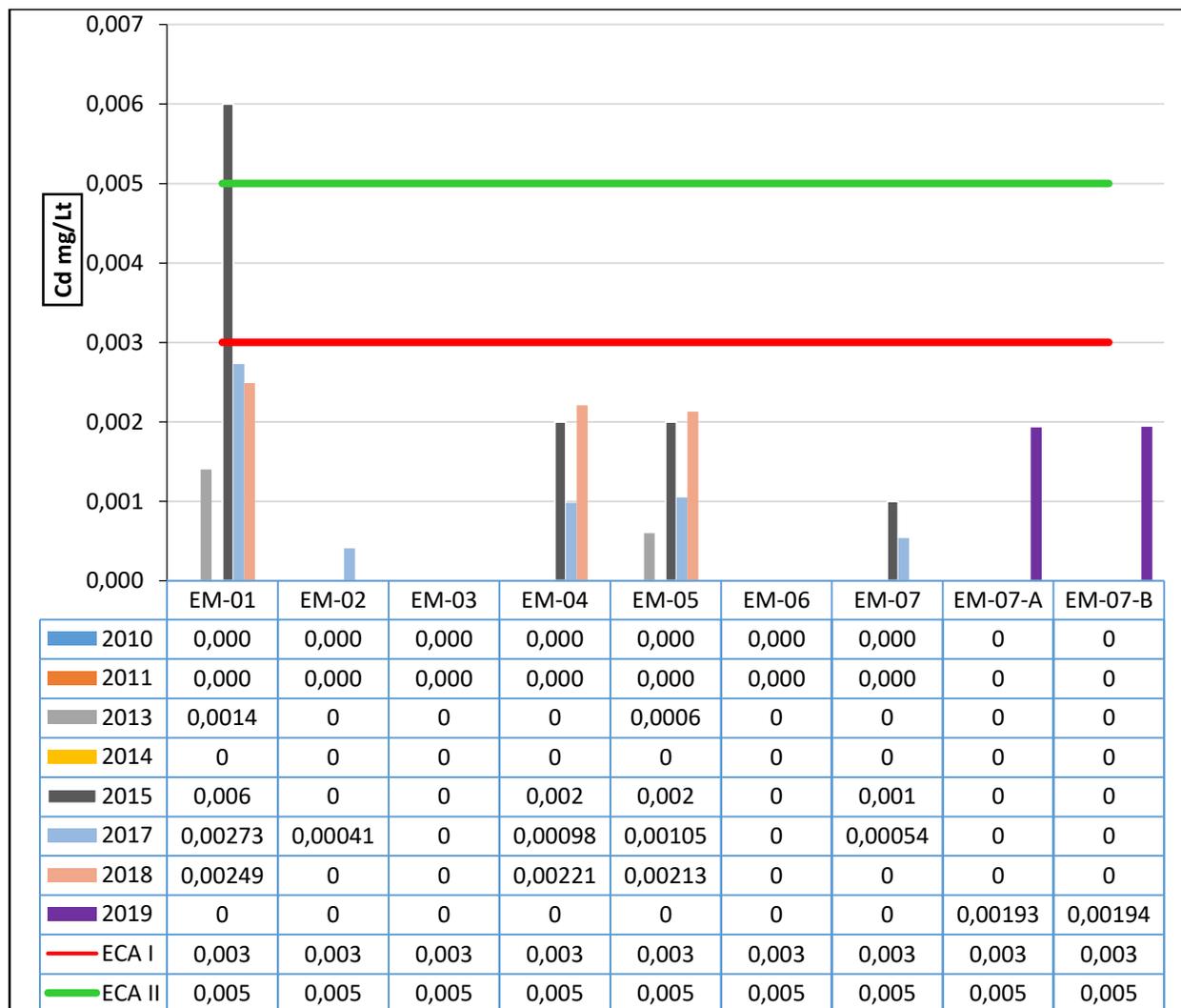
**FIGURA 26. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

**AÑOS 2011, 2018 y 2019**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 27. VARIACIÓN DEL CADMIO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

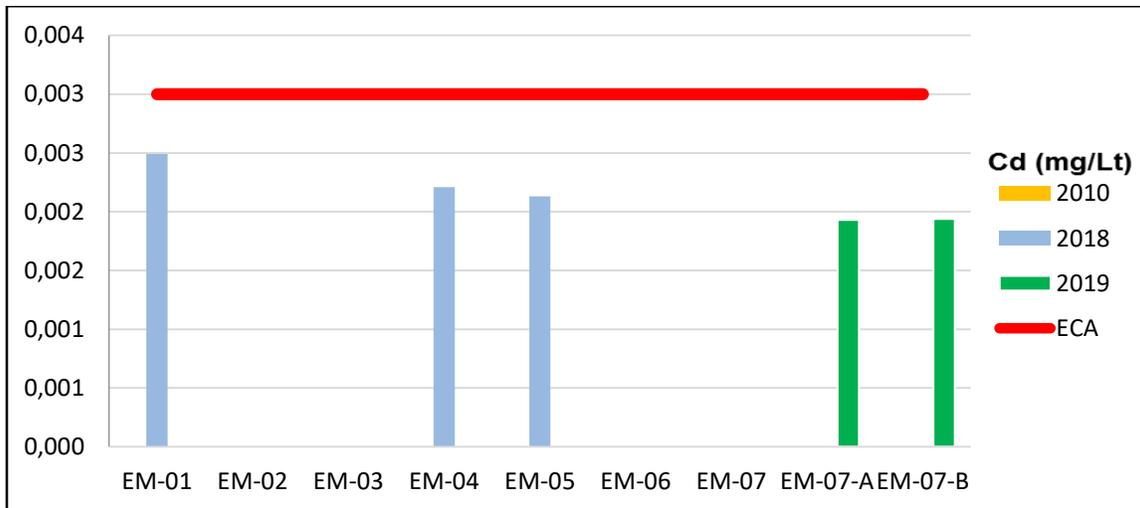


Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Asimismo se compararon las concentraciones del cadmio entre los años 2010, 2018 y 2019 (tomando en cuenta los 2 puntos de monitoreo donde se tomaron las muestras para la presente investigación) en época de estiaje, y se pudo apreciar que en todas las estaciones de monitoreo en estudio, las concentraciones están por debajo del ECA establecido. Ver figura 28.

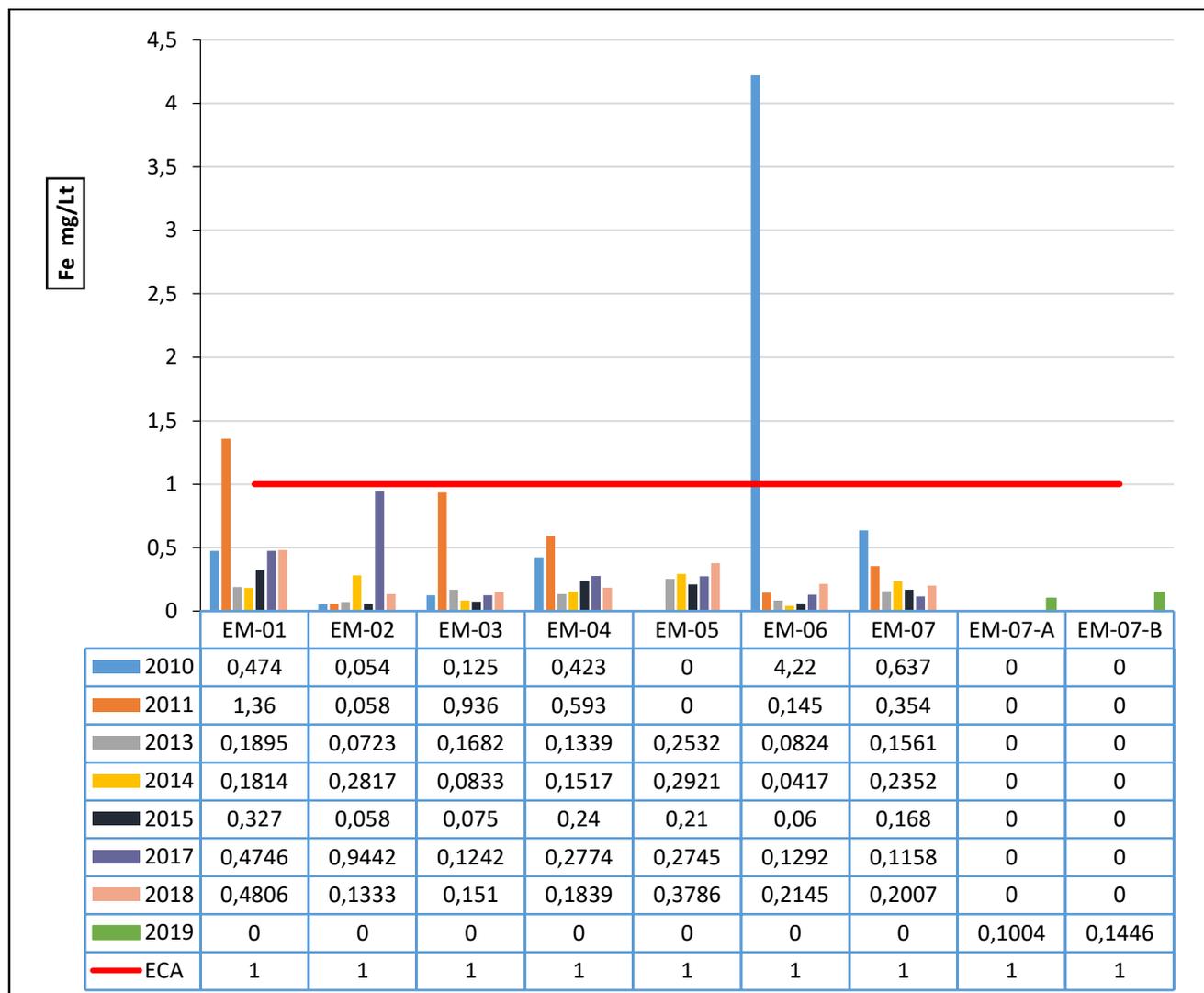
**FIGURA 28. VARIACIÓN DEL CADMIO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

**AÑOS 2010, 2018 Y 2019**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 29. VARIACIÓN DEL HIERRO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Para época de estiaje también se pudo observar concentraciones de Hierro, como se puede apreciar en la figura 29. Durante el año 2010, las concentraciones de este metal superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-06), y su concentración fue de 4.220 mg/l, el cual supera el ECA en un 422%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes los valores están por debajo de 0.637 mg/l, por debajo del ECA. Para el año 2011(época de estiaje), las concentraciones del hierro superaron el ECA en 1 de las estaciones (EM-01), y su concentración fue de 1.360 mg/l, el cual supera el

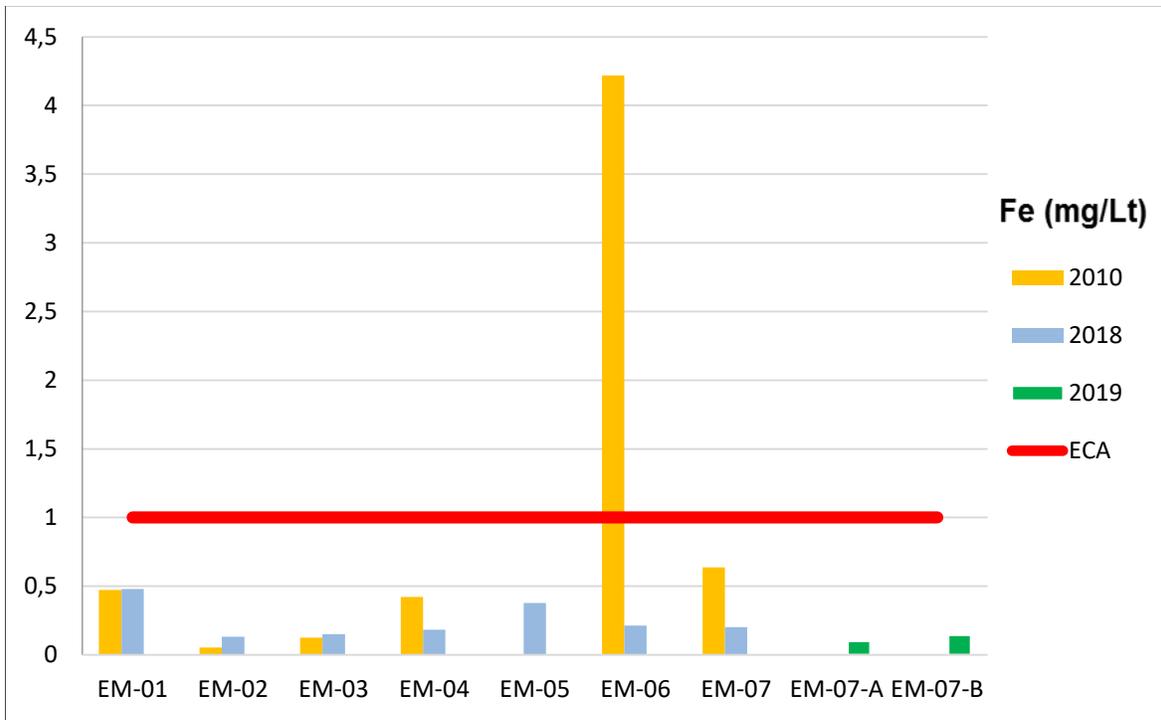
ECA en un 136%, asimismo en las 6 estaciones de monitoreo restantes los valores están por debajo de 0.936 mg/l, y por ende por debajo del ECA. Durante los años 2013, 2014, 2015, 2017, 2018(época de estiaje), las concentraciones de hierro no superaron el ECA en ninguna de sus estaciones de monitoreo (EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07), y sus valores están por debajo del ECA establecido para éste metal.

Asimismo para el presente trabajo de investigación del año 2019 (donde se realizó 1 monitoreo, donde se eligieron 2 puntos de muestreo, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B, se observó que las concentraciones del hierro tampoco superan el ECA en ninguno de los 2 puntos analizados, y sus valores están por debajo de 0.1004 mg/l.

Asimismo se compararon las concentraciones de este metal entre los años 2010, 2018 y 2019(puntos de monitoreo muestreados y analizados para la presente investigación), y se pudo apreciar que en todas las estaciones de monitoreo en estudio, las concentraciones están por debajo del ECA establecido para época de estiaje. Ver figura 30.

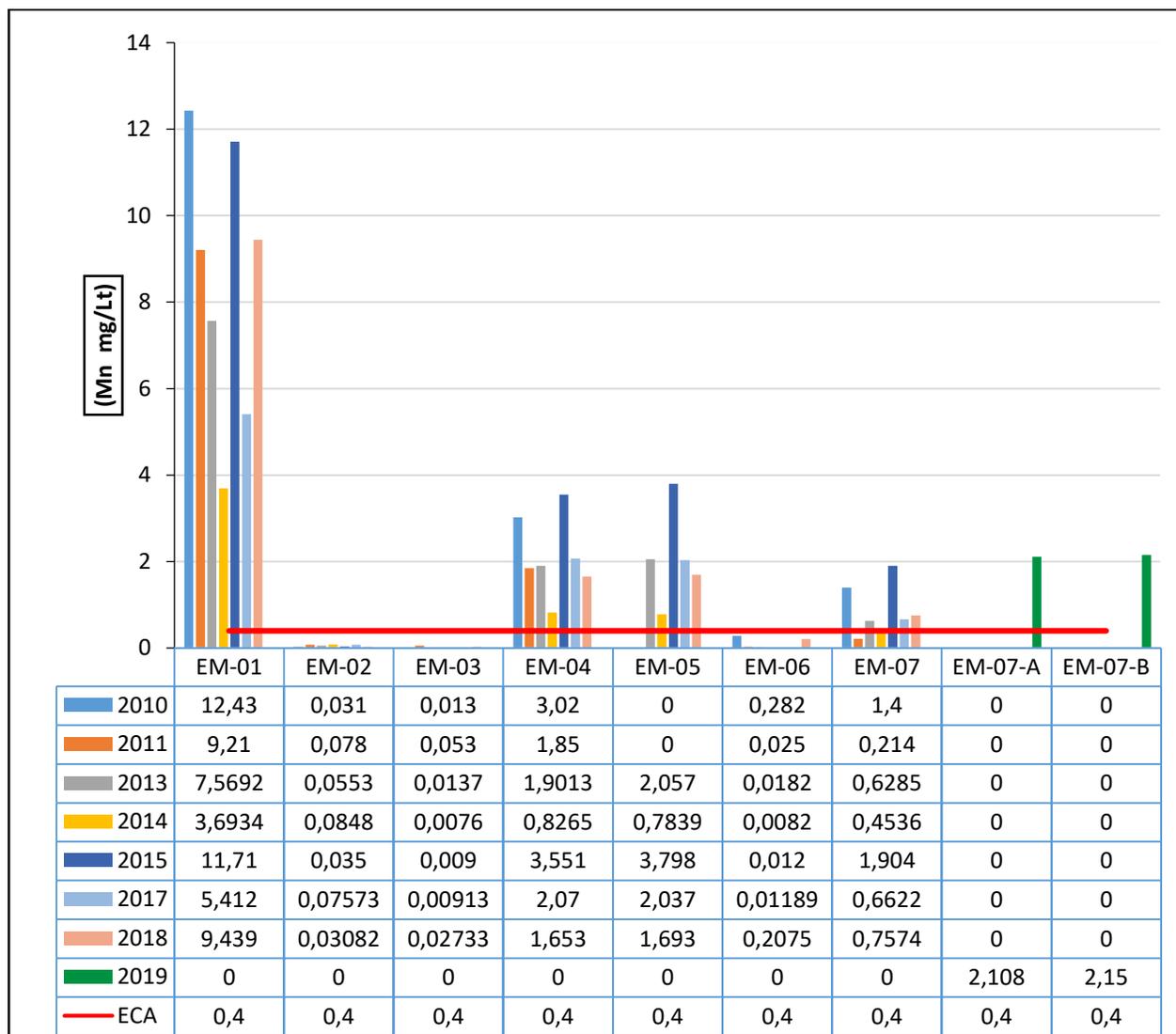
### FIGURA 30. VARIACIÓN DEL HIERRO EN ÉPOCA DE ESTIAJE

AÑOS 2010, 2018 Y 2019



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 31. VARIACIÓN DEL MANGANESO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

En época de estiaje hubo presencia de concentraciones de manganeso, como se puede apreciar en la figura 31. Durante el año 2010 (época de estiaje), las concentraciones de este metal superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-04, EM-07), y su máxima concentración fue de 12.430 mg/l. Para el año 2011(época de estiaje), las concentraciones del manganeso superaron el ECA en 2 de las estaciones (EM-01 y EM-04), y su máxima concentración fue de

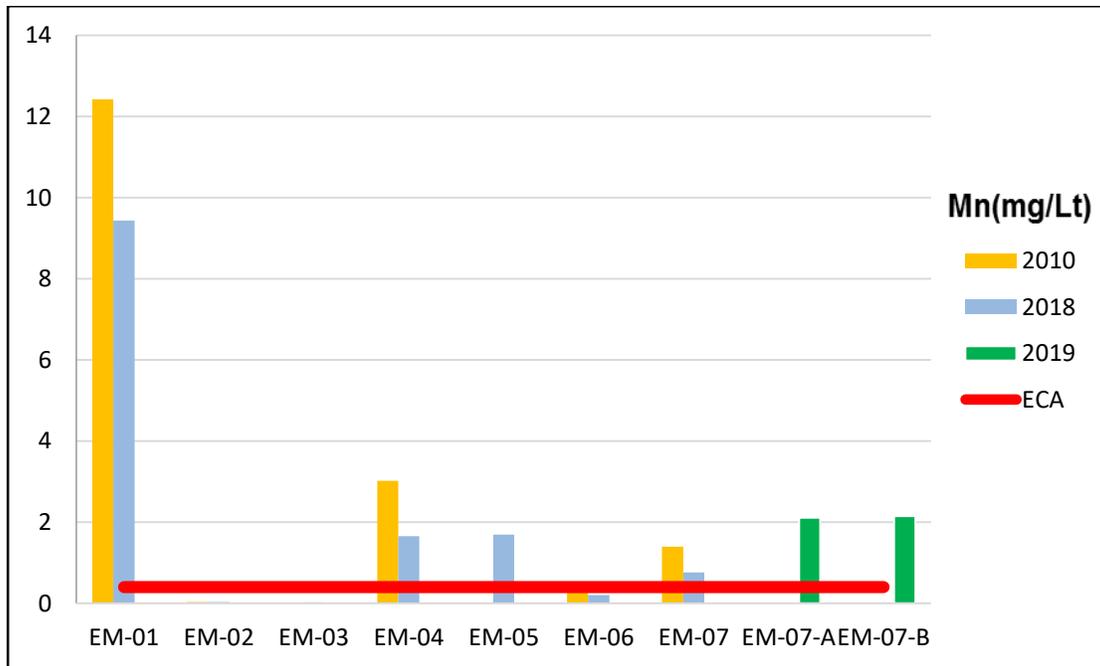
9.210 mg/l. Durante el año 2013(época de estiaje), el manganeso superó el ECA en 4 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 7.5692 mg/l (EM-01). Para el año 2014 las concentraciones del manganeso también superaron el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07) y su máxima concentración fue de 3.6934 mg/l (EM-01). Durante el año 2015 en época de estiaje, las concentraciones del manganeso superaron el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 11.71mg/l (EM-01). Durante el año 2017(época de estiaje), el manganeso superó el ECA en 4 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 5.412mg/l (EM-01).

Para el año 2018, también en época de estiaje, el manganeso superó el ECA en 4 estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07), y su máxima concentración fue de 9.439mg/l. Asimismo para el presente trabajo de investigación del año 2019 (donde se realizó 1 monitoreo, y se eligieron 2 puntos de muestreo, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B), se observó que las concentraciones del manganeso superaron el ECA en los 2 puntos muestreados y analizados, donde su máximo valor fue de 2.150 mg/l.

Asimismo se compararon las concentraciones de este metal (época de estiaje) entre los años 2010, 2018 y 2019(puntos de monitoreo muestreados y analizados para la presente investigación), y se pudo apreciar que para el año 2010 las concentraciones del Mn han superado el ECA en 3 de las estaciones (EM-01, EM-04 y EM-07), para el año 2018 las concentraciones del Mn han superado el ECA en 4 de las estaciones(EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07) y para el año 2019 las concentraciones del Mn han superado el ECA en sus 2 puntos de monitoreo (EM-07-A y EM-07-B) respectivamente. Ver figura 32.

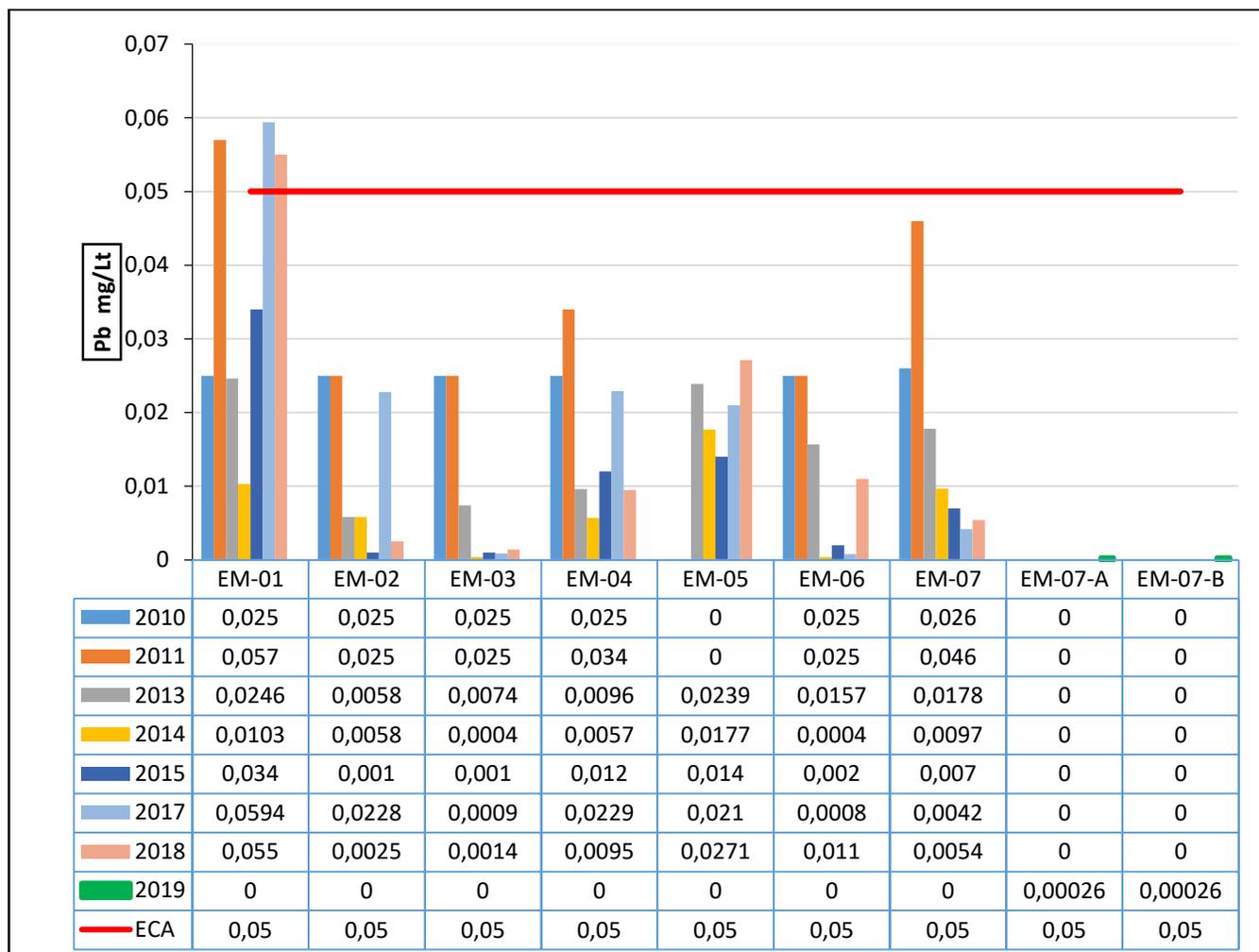
## FIGURA 32. VARIACIÓN DEL MANGANESO EN ÉPOCA DE ESTIAJE

AÑOS 2010, 2018 Y 2019



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 33. VARIACIÓN DEL PLOMO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

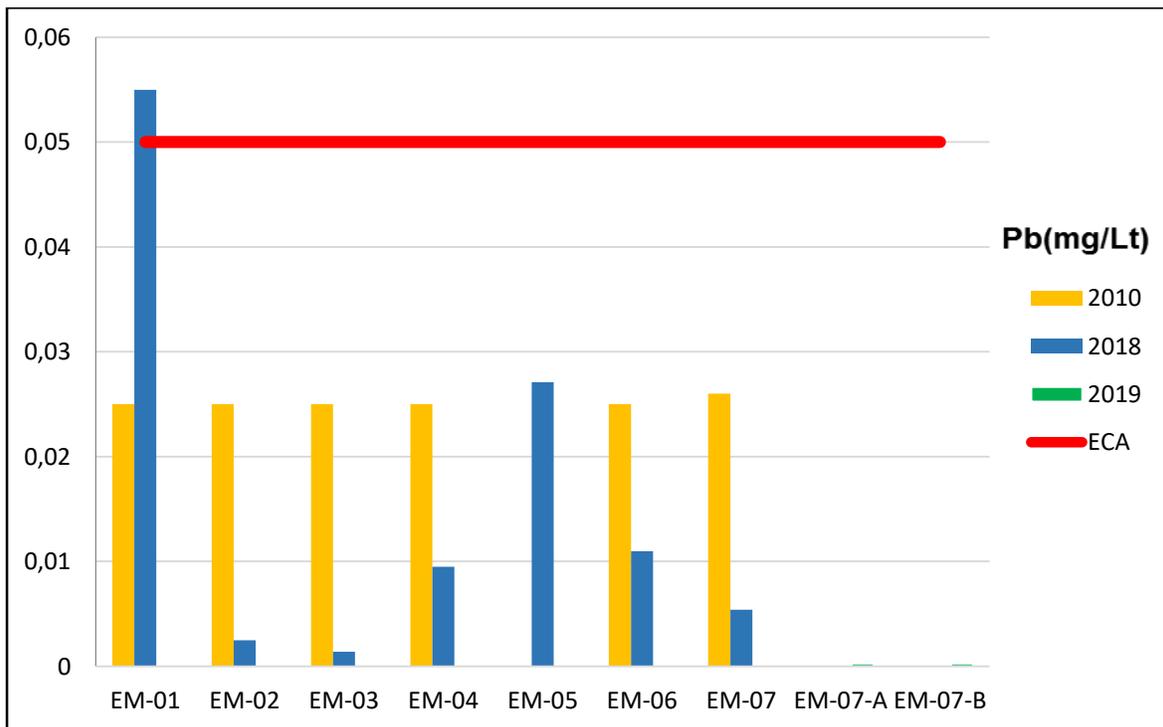
Durante los años 2011, 2017, y 2018(época de estiaje), las concentraciones de plomo superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo (EM-01) para todos estos años, y sus máximas concentraciones fueron de 0.057mg/l(2011), valor que supera el ECA en un 114%, 0.0594 mg/l(2017), valor que supera el ECA en un 118.8%, y 0.0550 mg/l(2018), valor que supera el ECA en un 100% respectivamente. Durante los años 2010, 2013, 2014 y 2015(época de estiaje), las concentraciones de plomo no superaron el ECA en ninguna de sus estaciones de monitoreo (EM-

01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07), y sus valores están por debajo del ECA establecido para éste metal. Asimismo para el presente trabajo de investigación del año 2019 (donde se realizó 1 monitoreo, donde se eligieron 2 puntos de muestreo, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B), se observó que las concentraciones del plomo tampoco superan el ECA en ninguno de los 2 puntos analizados, y sus valores están por debajo de <math>0.00026\text{ mg/l}</math>.

Asimismo se compararon las concentraciones del plomo (época de estiaje) entre los años 2010, 2018 y 2019 (puntos de monitoreo muestreados y analizados para la presente investigación), y se pudo apreciar que en todas las estaciones de monitoreo en estudio, las concentraciones han disminuido y están por debajo del ECA establecido, excepto para la estaciones de monitoreo (EM-01) del año 2018, donde la concentración del plomo sobrepasa el ECA. Ver figura 34.

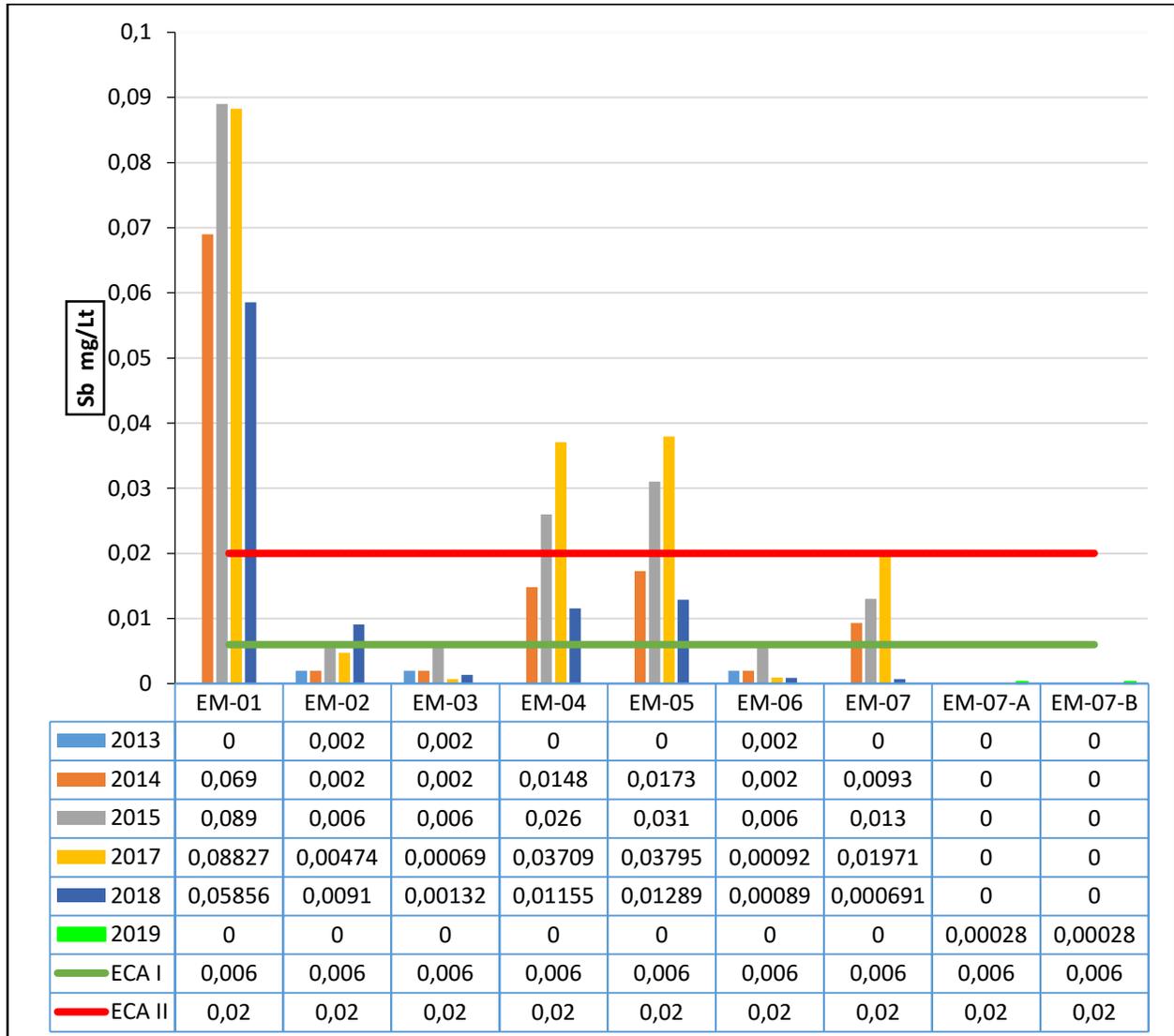
**FIGURA 34. VARIACIÓN DEL PLOMO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

**AÑOS 2010, 2018 Y 2019**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

**FIGURA 35. VARIACIÓN DEL ANTIMONIO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

El Antimonio como se puede observar en la figura 35, para la época de estiaje del año 2013, las concentraciones de este metal superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-05) y su máxima concentración fue de 0.05 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 833%. Para el año 2014(época de estiaje) las concentraciones del antimonio

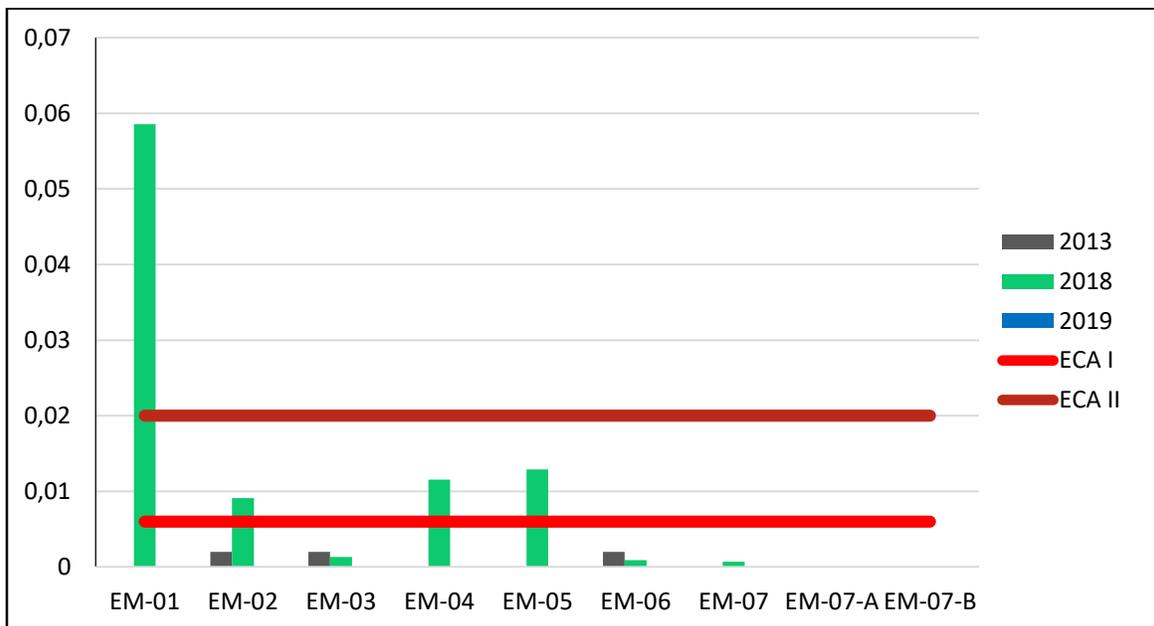
superaron el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07) y su máxima concentración fue de 0.069 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 1150%. Durante el año 2015(época de estiaje) las concentraciones del antimonio superaron el ECA en 4 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04, EM-05 y EM-07) y su máxima concentración fue de 0.089 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 1483%. Para el año 2017(época de estiaje), las concentraciones del antimonio superaron el ECA en 3 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01, EM-04 y EM-05) y su máxima concentración fue de 0.08827 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 441.35%.

Durante el año 2018(época de estiaje), las concentraciones del antimonio superaron el ECA en 1 de las estaciones de monitoreo en estudio (EM-01) y su máxima concentración fue de 0.05856 mg/l (EM-01), valor que supera el ECA en un 292.8%.

Asimismo para el presente trabajo de investigación del año 2019 (donde se realizó 1 monitoreo, donde se eligieron 2 puntos de muestreo, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B), se observó que las concentraciones del antimonio (época de estiaje) no superan el ECA en ninguno de los 2 puntos analizados, y sus valores están por debajo de <0.00028mg/l. Ver figura 36.

**FIGURA 36. VARIACIÓN DEL ANTIMONIO EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

**AÑOS 2013, 2018 Y 2019**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Para el Zinc durante los años 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 y 2019 (donde se realizó 1 monitoreo, con 2 puntos de muestreo, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B para la presente investigación) en época de estiaje, las concentraciones del Zinc no superaron el ECA en ninguna de las estaciones de monitoreo (EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07) para los respectivos años en mención.

Del mismo modo si comparamos las concentraciones del Zinc entre los años 2010, 2018 y 2019 en época de estiaje, apreciaremos que estos han disminuido en todas las estaciones de monitoreo, y que se encuentran por debajo del ECA.

Asimismo, los parámetros inorgánicos que no superaron el estándar de calidad ambiental para agua, tanto para la época de avenida (de los años 2010 al 2016) y para época de estiaje (de los años 2010 al 2018 y 2019) fueron los siguientes: Cobre y Cromo.

#### **4.3. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

Los valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos -DGCRH efectuados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y SEDAPAL, que comprende los años 2011, 2012, 2013, 2014, y 2016. Asimismo, se calcularon los promedios de concentraciones de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales (elementos microbiológicos) en época de avenida, para posteriormente ser comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría 1: Poblacional y recreacional, sub categoría A-2, los cuales se ilustran en las tablas 19 al 23.

Del mismo modo, en base a los resultados obtenidos se elaboraron las gráficas que ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los parámetros microbiológicos a lo largo de los años de estudio. Ver figuras 37 y 38.

**TABLA 19. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y COLIFORMES TOTALES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2011(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>	<b>COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>
<b>EM-01</b>	490	490
<b>EM-02</b>	5	5
<b>EM-03</b>	2200	4600
<b>EM-04</b>	7000	7000
<b>EM-05</b>	---	
<b>EM-06</b>	2200	2200
<b>EM-07</b>	790	790

Fuente: Elaboración propia.

(Datos DIGESA Y SEDAPAL)

**TABLA 20. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES  
EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2012(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I -A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	-----
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	220
<b>EM-04</b>	330
<b>EM-05</b>	----
<b>EM-06</b>	<b>5400</b>
<b>EM-07</b>	490

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 21. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES  
EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2013(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	49
<b>EM-04</b>	790
<b>EM-05</b>	790
<b>EM-06</b>	790
<b>EM-07</b>	1700

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 22. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES  
EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2014(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I -A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	2
<b>EM-03</b>	79
<b>EM-04</b>	790
<b>EM-05</b>	13000
<b>EM-06</b>	130
<b>EM-07</b>	13000

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 23. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES  
EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2016(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I –A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	490
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	49
<b>EM-04</b>	230
<b>EM-05</b>	330
<b>EM-06</b>	790
<b>EM-07</b>	<b>3300</b>

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

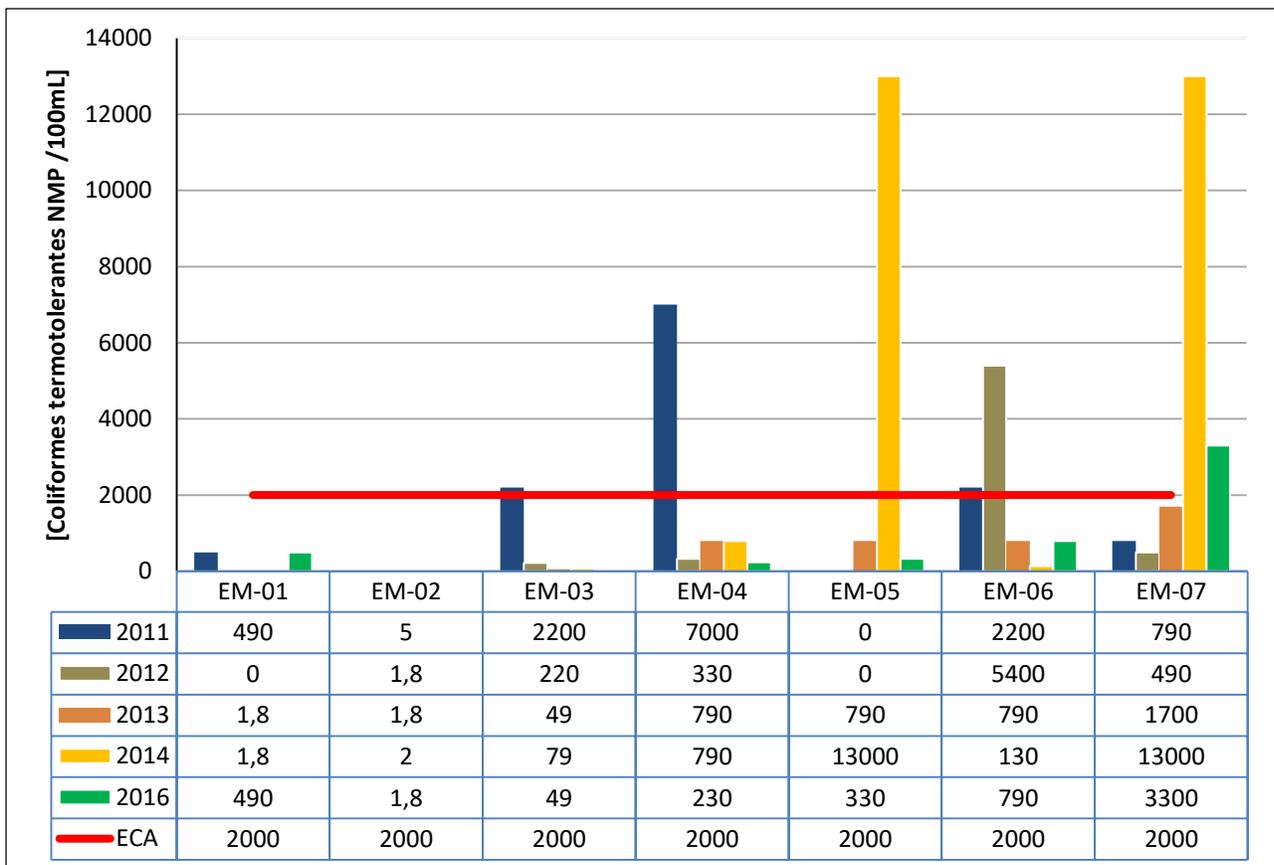
#### **4.3.1. VARIACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

Para la presente investigación se trabajó con los siguientes parámetros microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales, los cuales indican que el agua está contaminada con porcentajes considerables de materia orgánica de origen fecal, ya sea de origen humano o de origen animal en general. Asimismo, las presencias de estos indicadores han ido disminuyendo en

los últimos años, lo que significa que pudo haber disminuido por la puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales con la que cuenta el Distrito de Chicla. Es importante mencionar que en el Sector de Chicla las aguas del río Rímac son contaminadas por el inadecuado sistema de alcantarillado con el que cuentan.

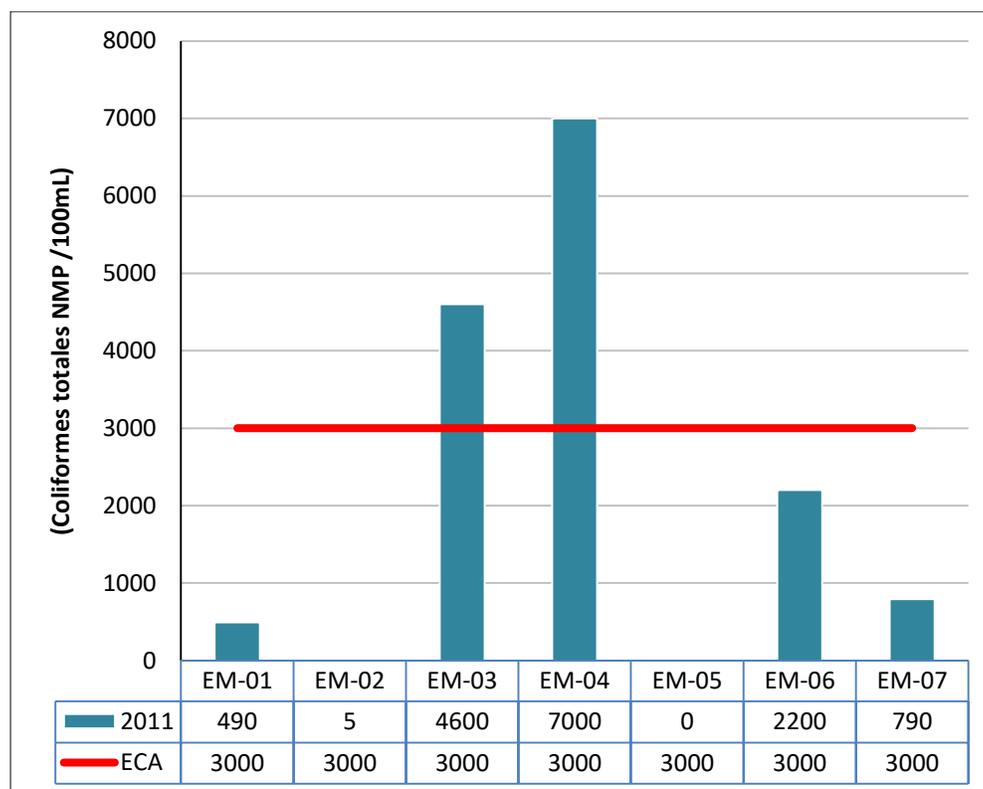
Se elaboraron los respectivos gráficos, los cuales ilustran la variación de las concentraciones de los elementos microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales, de los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2016 en épocas de avenida. Ver figura 37 y 38.

**FIGURA 37. VARIACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AVENIDA**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

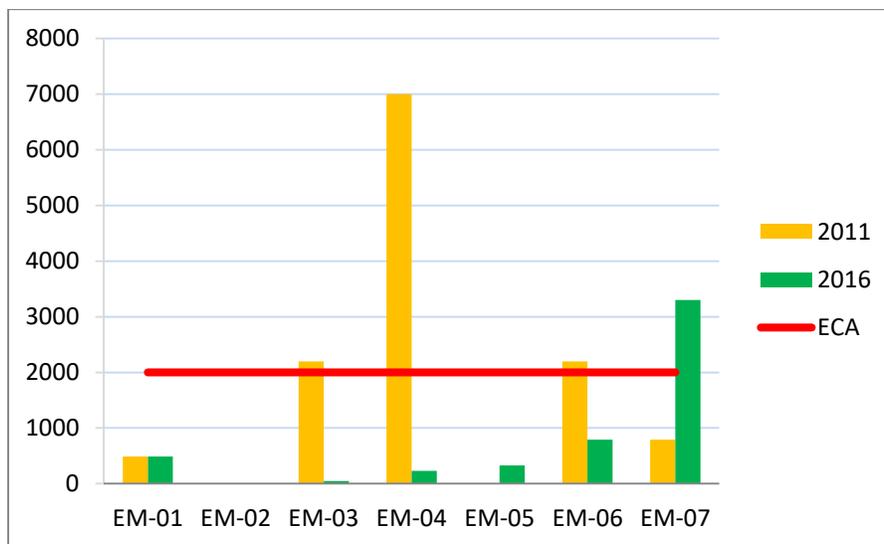
**FIGURA 38. VARIACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN AVENIDA**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Si hacemos una comparación de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes entre los años 2011 y 2016, para época de avenida, podremos apreciar que en el año 2011 (época de avenida), en las estaciones (EM-03, EM-04, EM-06), sus concentraciones sobrepasaron el ECA categoría I – A2, y el máximo valor fue de 7000 NMP/100ML (EM-04). De igual forma para el año 2016, se aprecia que sus concentraciones disminuyeron en la mayoría de sus estaciones de monitoreo, excepto en la estación de monitoreo EM-07, donde sobrepasa el ECA establecido, con un valor de 3300 NMP/100ML. Ver figura 39.

**FIGURA 39. VARIACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑOS 2011 Y 2016**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

#### **4.3.2. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

Los valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos -DGCRH efectuados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y SEDAPAL, que comprenden a los años 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 y 2018, donde se adiciona 2 puntos de monitoreo muestreados en la presente investigación de la Cuenca Alta del río Rímac del Sector de Chicla del mes de mayo del presente año 2019, cuya codificación es EM-07-A y EM-07-B. Asimismo se procede a calcular los promedios de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales (elementos microbiológicos) en época de estiaje, para posteriormente ser comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría

1: Poblacional y recreacional, sub categoría A-2, que compila los Decretos Supremos N° 002-2008-MINAM, DS N° 023-2009-MINAM y el DS 015-2015-MINAM, los cuales se ilustran en los tablas 24 al 30. En base a los resultados obtenidos se elaboraron las gráficas que ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los parámetros microbiológicos a lo largo de los años de estudio. Ver figura 40 y 41.

**TABLA 24. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y COLIFORMES TOTALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2011(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>	<b>COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>
<b>EM-01</b>	1600	1600
<b>EM-02</b>	8	23
<b>EM-03</b>	11000	11000
<b>EM-04</b>	16000	16000
<b>EM-05</b>	---	---
<b>EM-06</b>	1700	1700
<b>EM-07</b>	33	49

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: DIGESA y SEDAPAL)

**TABLA 25. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2013(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	700
<b>EM-04</b>	23000
<b>EM-05</b>	3300
<b>EM-06</b>	330
<b>EM-07</b>	700

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 26. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2014(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	<b>4900</b>
<b>EM-04</b>	1100
<b>EM-05</b>	1700
<b>EM-06</b>	170
<b>EM-07</b>	130

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 27. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2015(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	33
<b>EM-04</b>	110
<b>EM-05</b>	230
<b>EM-06</b>	490
<b>EM-07</b>	<b>2300</b>

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 28. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2017(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	<1.8
<b>EM-03</b>	170
<b>EM-04</b>	<1.8
<b>EM-05</b>	<1.8
<b>EM-06</b>	110
<b>EM-07</b>	<b>2400</b>

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 29. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2018(NMP/100ml)**

	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>
<b>EM-01</b>	<1.8
<b>EM-02</b>	11
<b>EM-03</b>	11
<b>EM-04</b>	<1.8
<b>EM-05</b>	<1.8
<b>EM-06</b>	490
<b>EM-07</b>	460

Fuente: Elaboración propia.

(Datos Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 30. CONCENTRACION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2019(NMP/100ml)**

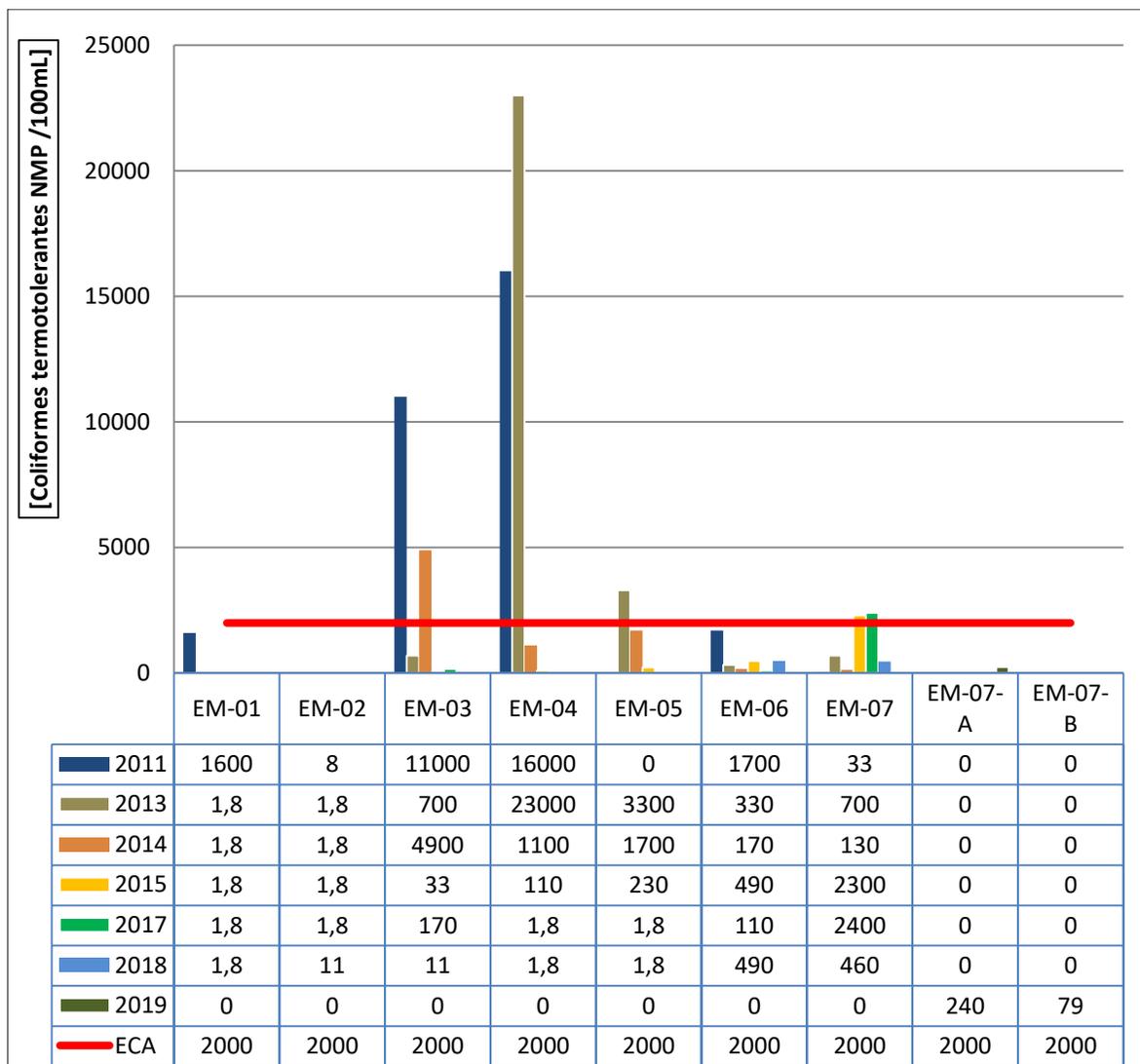
	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)</b>	<b>COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>
<b>EM-07-A</b>	240	540
<b>EM-07-B</b>	79	130

Fuente: elaboración propia

#### **4.3.3. VARIACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

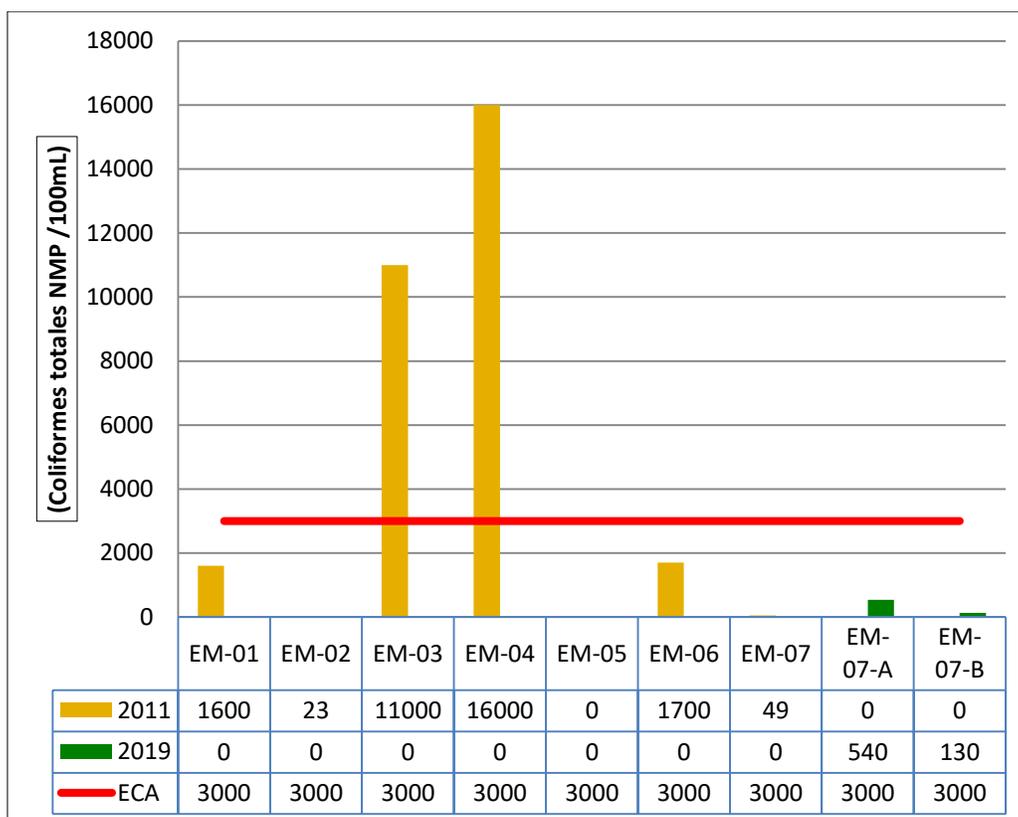
Se elaboraron los respectivos gráficos, los cuales ilustran la variación de las concentraciones de los elementos microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales, de los años 2011, 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 y 2019 en épocas de estiaje. Ver figura 40 y 41.

**FIGURA 40. VARIACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

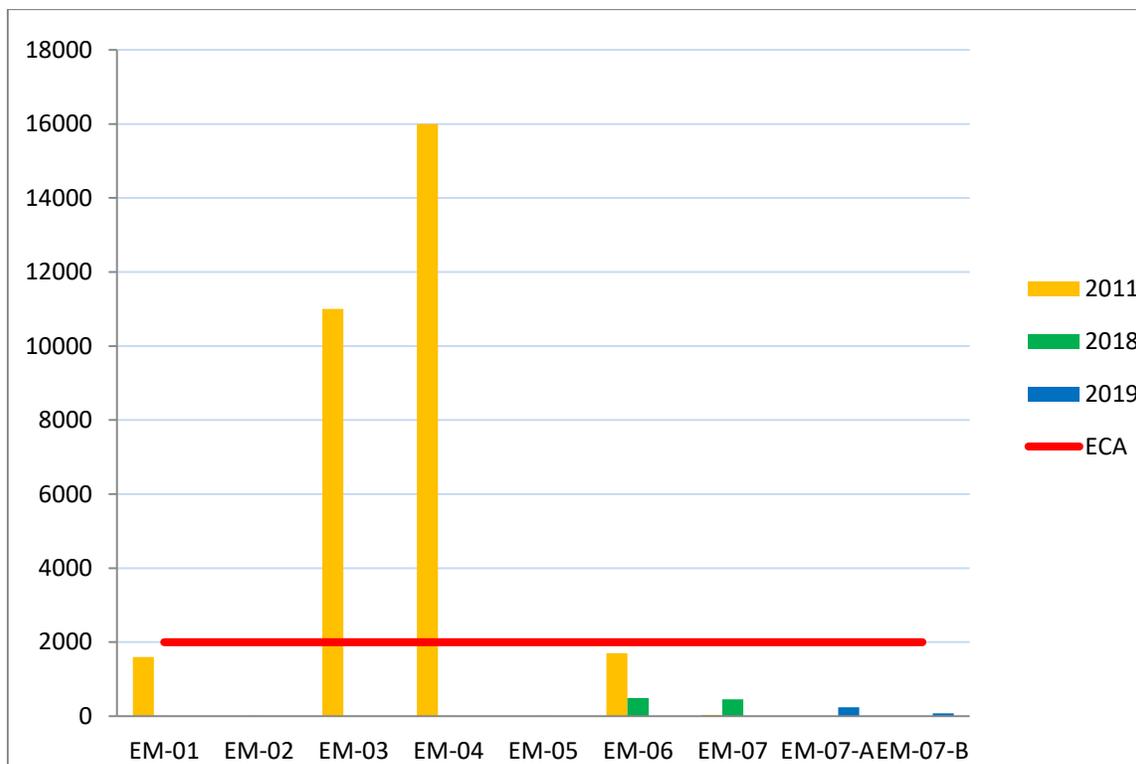
**FIGURA 41. VARIACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN ESTIAJE**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Para época de estiaje, entre los años 2011, 2018 y 2019 (donde se realizó 1 monitoreo para la presente investigación, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B), se pudo apreciar que para el año 2011, en las estaciones de monitoreo (EM-03 y EM-04) sus concentraciones sobrepasaron el ECA, siendo su máximo valor de 16000 NMP/100ML (EM-04). Para el año 2018, podemos apreciar que sus concentraciones disminuyeron en todas sus estaciones de monitoreo, y se encuentran por debajo del ECA categoría I – A2. De igual forma para el presente año 2019 (considerando el monitoreo realizado para investigación), apreciamos que sus concentraciones se encuentran por debajo del ECA categoría I – A2, con un máximo valor de 240 NMP/100ML. Ver figura 42.

**FIGURA 42. VARIACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑOS 2011, 2018 Y 2019**



Fuente: Elaboración propia (Datos Autoridad Nacional del Agua).

Para la época de estiaje entre los años 2011 y 2019, se pudo apreciar que en el año 2011, en las estaciones de monitoreo (EM-03 y EM-04) sus concentraciones sobrepasaron el ECA, siendo su máximo valor de 16000 NMP/100MI (EM-04). Asimismo en el año 2019 (considerando el monitoreo realizado para la presente investigación, cuya codificación fue: EM-07-A y EM-07-B), se puede apreciar que sus concentraciones disminuyeron en las 2 estaciones de monitoreo en estudio, y se encuentran por debajo del ECA categoría I – A2, con un máximo valor de 240 NMP/100MI (EM-07-A).

#### **4.4. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

Estos valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos -DGCRH efectuados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y SEDAPAL, de los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2016, asimismo se determinaron los promedios de los parámetros físico-químicos: pH, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad y sólidos totales, en temporada de avenida, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría 1: Poblacional y recreacional, sub categoría A-2, los cuales se ilustran en las tablas 31 al 35.

Cabe mencionar que no se analizaron datos de algunos de estos parámetros en todos los años de estudio, puesto que las entidades de la DIGESA, SEDAPAL Y ANA no realizaron los monitoreos en todos los años.

**TABLA 31. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2011**

	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD</b> <b>(<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>1600</b>
<b>EM-01</b>	7.80	755
<b>EM-02</b>	8.40	462
<b>EM-03</b>	8.40	239
<b>EM-04</b>	7.80	426
<b>EM-05</b>	---	---
<b>EM-06</b>	8.30	177
<b>EM-07</b>	8.20	398

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: DIGESA y SEDAPAL)

**TABLA 32. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2012**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQ O) – (mg/L)</b>	<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>&gt;=5</b>	<b>1600</b>
<b>EM-01</b>	---	<6	<9	---	---
<b>EM-02</b>	8.3	<6	<9	6.8	384
<b>EM-03</b>	8.4	<6	<9	7.4	223
<b>EM-04</b>	8.5	<6	<9	6.5	343
<b>EM-05</b>	---	---	<9	---	---
<b>EM-06</b>	8.6	<6	<9	7.5	184
<b>EM-07</b>	8.3	<6	<9	7.8	372

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 33. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2013**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQ O) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	5.5 - 9	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>
<b>EM-01</b>	7.3	<2.00	<10.0	963,6
<b>EM-02</b>	8.22	<2.00	<10.0	496,5
<b>EM-03</b>	8.24	<2.00	<10.0	230,1
<b>EM-04</b>	8.33	<2.00	<10.0	380,1
<b>EM-05</b>	8.3	<2.00	<10.0	429,6
<b>EM-06</b>	8.56	<2.00	<10.0	191,5
<b>EM-07</b>	8.3	<2.00	<10.0	413,2

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 34. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2014**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO ) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(D QO) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (<math>\mu</math>s/cm)</b>	<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L)</b>
<b>ECA I – A2(*)</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>	<b><math>\geq 5</math></b>
<b>EM-01</b>	7.62	<2.00	<10.0	900.5	5.67
<b>EM-02</b>	8.36	<2.00	<10.0	257.7	5.93
<b>EM-03</b>	8.46	<2.00	<10.0	256.2	6.17
<b>EM-04</b>	8.35	<2.00	<10.0	259.6	5.83
<b>EM-05</b>	8.34	<2.00	<10.0	262.8	6.2
<b>EM-06</b>	8.17	<2.00	<10.0	553.4	7.54
<b>EM-07</b>	8.36	<2.00	<10.0	291.3	7.3

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 35. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE AVENIDA AÑO 2016**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQO) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>	<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/L)</b>
<b>ECA</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>	<b>&gt;=5</b>	<b>1000</b>
<b>EM-01</b>	8.62	<3	8	986	7.41	18
<b>EM-02</b>	8.25	4	---	305.1	7.72	17
<b>EM-03</b>	8.33	<3	6	999	8.2	2
<b>EM-04</b>	6.58	<3	8	462.2	8.17	8
<b>EM-05</b>	8.27	<3	7	481.6	8.15	<1
<b>EM-06</b>	8.47	<3	6	283.3	8.05	18
<b>EM-07</b>	8.17	---	<6	561.9	8.18	8

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

Se trabajó con los siguientes parámetros físico-químicos: pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto, conductividad y sólidos totales. Asimismo, se obtuvo que los resultados de los valores de estos parámetros en época de avenida, considerados para la presente investigación para los años en estudio (2011, 2012, 2013, 2014 y 2016) no sobrepasaron el ECA establecido para agua.

#### **4.4.1. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

Estos valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos -DGCRH efectuados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y SEDAPAL, de los años 2013, 2014, 2015, 2017 y 2018. Asimismo se adicionaron los puntos de monitoreo muestreados en la presente investigación de la cuenca Alta del río Rímac del Sector de Chicla del mes de mayo del año 2019, donde se determinaron los promedios de los parámetros físico-químicos: pH, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad y sólidos totales, en temporada de estiaje, para posteriormente compararlos con los valores que han sido fijados en la Norma, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, categorías 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Estos resultados se ilustran en las tablas 36 al 40.

**TABLA 36. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2013**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQO) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>
<b>ECA</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>
<b>EM-01</b>	9.27	<2.00	<10	1030
<b>EM-02</b>	8.26	<2.00	---	495.9
<b>EM-03</b>	8.45	<2.00	<10	300.8
<b>EM-04</b>	8.4	<2.00	<10	591.8
<b>EM-05</b>	8.31	<2.00	<10	617.4
<b>EM-06</b>	8.27	<2.00	<10	209.1
<b>EM-07</b>	8.23	<2.00	<10	650.7

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 37. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2014**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQO) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>	<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/L)</b>
<b>ECA</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>	<b>&gt;=5</b>	<b>1000</b>
<b>EM-01</b>	9.16	<2.00	<10	971.5	3.95	24.59
<b>EM-02</b>	7.98	<2.00	---	396.8	6.8	9.08
<b>EM-03</b>	8.76	<2.00	<10	325	7.8	<3
<b>EM-04</b>	8.59	<2.00	<10	647.5	7.5	5.23
<b>EM-05</b>	8.1	<2.00	<10	622.5	6.24	7.82
<b>EM-06</b>	8.06	<2.00	<10	224.9	6.7	4.06
<b>EM-07</b>	8.76	<2.00	<10	677.6	7.05	8.51

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 38. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2015**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO ) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQO ) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDA D (µs/cm)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALE S (mg/L)</b>
<b>ECA</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>	<b>1000</b>
<b>EM-01</b>	8.91	<3	<6	1103	24
<b>EM-02</b>	8.85	---	---	3.01	3
<b>EM-03</b>	---	---	<6	369.9	1
<b>EM-04</b>	8.37	<3	<6	878.9	4
<b>EM-05</b>	8.44	<3	<6	850	3
<b>EM-06</b>	---	---	<6	224	2
<b>EM-07</b>	8.42	3	8	884.6	9

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 39. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2017**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQO) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>	<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/L)</b>
<b>ECA</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>	<b>&gt;=5</b>	<b>1000</b>
<b>EM-01</b>	9.17	<2	44	1037	4.245	736
<b>EM-02</b>	7.92	<2	---	302.5	4.289	---
<b>EM-03</b>	7.98	<2	51	305.9	4.53	215
<b>EM-04</b>	8.286	<2	46	688.1	4.481	489
<b>EM-05</b>	8.362	<2	47	698.3	4.487	500
<b>EM-06</b>	7.921	<2	43	216.1	4.472	147
<b>EM-07</b>	8.210	<2	34	728	4.653	512

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

**TABLA 40. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2018**

	<b>pH</b>	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) – (mg/L)</b>	<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO(DQO) – (mg/L)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD (µs/cm)</b>	<b>OXÍGENO DISUELTO (mg/L)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/L)</b>
<b>ECA</b>	<b>5.5 - 9</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1600</b>	<b>&gt;=5</b>	<b>1000</b>
<b>EM-01</b>	8.170	<2	<2	1029	7.073	820
<b>EM-02</b>	7.654	<2	---	281.9	6.990	2
<b>EM-03</b>	7.460	<2	<2	289.3	6.894	214
<b>EM-04</b>	8.131	<2	14	488.9	7.3146	342
<b>EM-05</b>	7.812	<2	<2	560.4	6.838	426
<b>EM-06</b>	7.411	<2	<2	242.1	6.383	156
<b>EM-07</b>	8.002	<2	<2	510.8	6.894	374

Fuente: Elaboración propia.

(Datos: Autoridad Nacional del Agua)

Para la época de estiaje se pudo apreciar que los resultados de los valores de estos parámetros considerados para la presente investigación de los siguientes años 2013, 2014, 2015, 2017, y 2018 no sobrepasaron el ECA establecido para agua, exceptuando a los valores de Ph para los años 2013, 2014 y 2017, los cuales sí se encuentran por encima del ECA para agua: en el año 2013(EM-01), donde su

valor fue de 9.27, también el año 2014(EM-01), con un valor de 9.16, y en el año 2017, donde su valor fue de 9.17. También se tiene que los resultados de los valores de demanda química de oxígeno (DQO) para el año 2017, sobrepasaron el ECA para agua en todas sus estaciones de monitoreo (EM-01, EM-02, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07), lo que significa que hay una elevada presencia de materia orgánica en agua.

#### **4.4.2. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE – PERIODO 2019**

Se muestrearon 06 puntos de monitoreo, los cuales fueron distribuidos en puntos estratégicos para analizar los parámetros físico-químicos, donde se calcularon los promedios de: pH, Oxígeno disuelto, y conductividad respectivamente en temporada de estiaje para la presente investigación de la Cuenca Alta del río Rímac del Sector de Chicla del mes de mayo del presente año 2019, para posteriormente compararlos con los valores que han sido fijados en la Norma, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, categorías 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, para luego representarlos en la tabla 41.

➤ **Punto 01:** Aguas arriba del Distrito de Chicla.

Coordenadas: 11324 Este, 7636907 Norte

Altitud: 3712 msnm; hora: 13:35

- **Punto 02:** Aguas abajo del Distrito de Chicla.  
Coordenadas: 1170798 Este, 7626705 Norte  
Altitud: 3701 msnm; hora: 14:26
  
- **Punto 03:** Aguas abajo de la estación metereológica de Senamhi, río blanco.  
Coordenadas: 364968 Este, 8711452 Norte  
Altitud: 3493 msnm; hora: 14:52
  
- **Punto 04:** Aguas abajo del río Rímac.  
Coordenadas: 1173299 Este, 7626973 Norte  
Altitud: 3417 msnm; hora: 16:30
  
- **EM-07-A:** Altura del puente Anchi II, aguas arriba, carretera central altura del kilómetro N°100.  
Coordenadas: 361555 Este, 8702594 Norte  
Altitud: 3462 msnm; hora: 15:29
  
- **EM-07-B:** Altura del puente Anchi II, aguas abajo, a unos 500 metros aproximadamente.  
Coordenadas: 361797 Este, 8703171 Norte  
Altitud: 3450 msnm; hora: 16:00

**TABLA 41. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS  
EN ÉPOCA DE ESTIAJE AÑO 2019**

	<b>Temperatura</b> °C	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD</b> (µs/cm)	<b>OXÍGENO DISUELTO</b> (mg/L)
<b>ECA</b>	---	5.5 - 9	1600	≥5
<b>Punto 01</b>	10.5	8.04	700	5.81
<b>Punto 02</b>	11.1	8.64	682	5.61
<b>Punto 03</b>	13.9	8.60	246	5.53
<b>Punto 04</b>	11	8.41	393	5.95
<b>EM-07-A</b>	10.7	8.19	675	5.74
<b>EM-07-B</b>	10.5	8.23	691	5.93

Fuente: Elaboración propia.

- Superan el ECA. Categoría I – A2, Poblacional y Recreacional 

Según Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

Para el presente año 2019 (considerando el monitoreo realizado para la investigación), apreciamos que los valores de las concentraciones de los parámetros de Ph, oxígeno disuelto y conductividad, se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2.

#### **4.4.3. DETERMINACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES**

Se determinaron las principales fuentes contaminantes que afectan o pueden alterar la calidad del agua del río Rímac en el Sector de Chicla, las cuales se encuentran asociadas a:

Los vertimientos de aguas residuales industriales provenientes de la minería: Unidades Económicas Administrativas (U.E.A) Ticlio” de Volcan Compañía Minera S.A.A., “Casapalca” de Empresa Quenuales S.A., “Americana” de Compañía Minera Casapalca S.A, “Casapalca 7” de la Empresa Quenuales S.A., (ex Perú Bar S.A), “Casapalca” de la Compañía Minera San Juan.

Los vertimientos generados por la presencia de pasivos ambientales mineros: Pasivo Ambiental CASAPALCA-7 (relaves) EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A., Pasivo Ambiental - CUARENTA (desmonte de mina) EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERU S.A.; EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A, Pasivo Ambiental BOCAMINAS EN LA QUEBRADA CORINA (desmonte de mina) EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERU S.A.; EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A., Pasivo Ambiental OROYA (desmonte de mina) COMPAÑIA MINERA CASAPALCA S.A.;COMPAÑIA MINERA CENTRO ANDES S.A.C.;COMPAÑIA MINERA POMATAREA S.R.L.;

La presencia de botaderos de residuos sólidos generados por la población de Chicla, que desembocan en las aguas del río Rímac, y al vertimiento de aguas residuales domésticas provenientes de la población de Chicla (Planta Chicla), comunidades y asentamientos aledaños al Distrito, las cuales deterioran significativamente la calidad del agua del río Rímac.

## **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En la presente investigación se analizó los parámetros inorgánicos (metales), físico-químicos y microbiológicos de la calidad del agua de la cuenca alta del río Rímac, del Sector de Chicla, el cual presenta altas concentraciones que sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua, tales como: arsénico, cadmio, hierro, plomo, aluminio, manganeso y antimonio. Asimismo, los parámetros microbiológicos como: coliformes termotolerantes y coliformes totales, de igual forma a los parámetros físico-químicos, los que superan los estándares de calidad ambiental para agua, tales como: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Ph, demanda química de oxígeno (DQO), Conductividad, y oxígeno disuelto.

La presencia de estos parámetros que exceden los estándares de calidad ambiental, tienen su origen en los vertimientos industriales, vertimientos domésticos y botaderos de residuos sólidos, causando el deterioro de su calidad sanitaria y ambiental. Según Armas Ramírez (2001), estos elementos provienen fundamentalmente de la industria electroquímica, limpieza de superficies metálicas y de la extracción de minerales; en el área de estudio se puede deducir que la presencia de estos elementos metálicos proviene de la actividad de extracción de minerales desarrollada en la parte alta del distrito de Chicla, lugar donde se lleva la intensa actividad minera.

Revisando la Tesis de Calla Llontop H. (2010). "Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras". Indica que desde el punto de vista geológico, el Grupo Rímac es la unidad estratigráfica predominante en gran parte del cauce del río Rímac, el cual está constituido por un alto porcentaje de minerales ferromagnesianos lo cual se

evidencia en la coloración rojizoviolácea de las rocas que la conforman por lo cual este factor físico natural condiciona la presencia de iones de fierro y manganeso en las aguas del río Rímac. También menciona que el análisis de la evolución de la calidad del agua de los últimos diez años demuestra que ha habido una reducción considerable en la concentración de los iones metálicos en las aguas del río Rímac, debido a la puesta en práctica de técnicas de tratamiento; sin embargo estas no han permitido precipitar los iones metálicos, ya que el análisis de calidad del agua del año 2008 demuestra que aún existen elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro que requieren la aplicación de técnicas de tratamiento correctivas para poder cumplir las nuevas exigencias establecidas en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

En la presente tesis de investigación, se muestra que la presencia de Arsénico, Antimonio, Manganeso, Hierro y Cadmio con concentraciones por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, se asociaría a la característica geoquímica de la zona (formaciones geológicas), donde el Grupo Rímac es la unidad estratigráfica predominante del distrito de Chicla, y que abarca gran parte del cauce del río Rímac en este sector, el cual está constituido por un alto porcentaje de minerales ferromagnesianos lo cual se evidencia en la coloración rojizoviolácea de las rocas que la conforman las cuales se incorporan a la corriente del río Rímac por el arrastre de sus sedimentos ante la crecida y aumento del caudal. (*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú. Geología del cuadrángulo de Matucana*).

Revisando la investigación de Palacios, Alfredo (2013). "El Rio Rímac y su desgarrador Panorama". En el cual menciona que el río Rímac recibe residuales industriales de 30 vertimientos, de unas 100 empresas de la carretera central, aguas residuales domesticas de 500 tuberías

conectadas al río y aguas residuales de riego, y hasta basura de 100 botaderos desde Chosica hasta el Callao (donde desemboca al mar), lo cual día a día contamina al río Rímac sin compasión convirtiéndolo entre los más contaminados de Sudamérica.

Para la presente tesis de investigación, observamos que existen fuentes de contaminación, tales como: las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de la población de Chicla, acumulación de desmontes, disposición inadecuada de residuos sólidos domésticos, lo que contribuye en la presencia de concentraciones altas de parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes y coliformes totales). Y como precedente tenemos a las concentraciones de coliformes termotolerantes y totales en el año 2011, en la EM-04 con valores de 16000 NMP/100 ml para ambos parámetros, la concentración de coliformes termotolerantes, para el año 2013, en la EM-04 con valores de 23000 NMP/100 ml, y finalmente para el año 2017, en la EM-07 con valores de 2400 NMP/100 ml, los cuales sobrepasan el ECA para agua, cuyo valor es 2000 NMP/100 ml respectivamente.

Asimismo, es importante mencionar que la presencia de estas concentraciones altas de parámetros microbiológicos evidencia la existencia de alta presencia de desechos en descomposición y materia orgánica de origen fecal en agua.

Revisando la investigación de Gualdrón Durán Luis E. (2016). Evaluación de la Calidad de Agua de Ríos de Colombia Usando Parámetros Físico-químicos y Biológicos. Donde analiza las características físicas, químicas y microbiológicas (coliformes totales, coliformes fecales y macroinvertebrados acuáticos) de diversos ríos de Colombia y habiendo determinado el índice de

calidad de agua (IQA) de los ríos estudiados. Encuentra altos niveles de turbiedad y sólidos disueltos totales (SDT) sugiriendo que el agua de los ríos de Colombia no posee condiciones óptimas para el crecimiento y la reproducción de diversos organismos acuáticos. Además, se encuentra altos niveles de coliformes fecales, asociado con la existencia de vertimientos de aguas residuales, indicando que gran parte del agua de los ríos de Colombia, no es apta para consumo humano.

En la presente investigación, se muestra que las altas concentraciones de parámetros físico-químicos y microbiológicos, se deben fundamentalmente a la descarga de aguas residuales domésticas provenientes de la población de Chicla y localidades aledañas al Distrito, también a los vertimientos de efluentes industriales provenientes de la actividad minera en los cuerpos receptores que finalmente llegan a las aguas del río Rímac, a la acumulación de desmontes, botaderos de residuos sólidos. Y como precedente se tiene a los valores de Ph para el año 2013, con concentración de 9.27 y para el año 2017, con concentración de 9.17 (ambos en época de estiaje en EM-01) los cuales sobrepasan el ECA para agua.

Asimismo, se tiene a los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) para el año 2017, en época de estiaje, para todas las estaciones de monitoreo en estudio, con una máxima concentración de 51 mg/lt, que sobrepasa el ECA para agua categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Con el objetivo general de determinar la calidad del agua del río Rímac en el sector Chicla en la presente investigación, y de acuerdo a los resultados de los monitoreos realizados y obtenidos de la data histórica de los años 2010 – 2018 y 2019 en época de avenida y estiaje, y tomando de referencia al D.S. N°004-2017-MINAM en función a la categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2 (Estándar de Calidad ambiental para Agua), se han llegado a las siguientes conclusiones:

Que los parámetros Inorgánicos que sobrepasaron el Estándar de calidad Ambiental para agua, categoría 1: Poblacional y Recreacional - sub categoría A-2 fueron los siguientes: Arsénico, cadmio, hierro, manganeso, aluminio, plomo, antimonio y zinc. Ver tabla 42.

**TABLA 42. PRESENCIA DE METALES EN LOS AÑOS DE ESTUDIO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN**

METALES	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Arsénico		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Cadmio	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Hierro	✓	✓	✓	✓	✓					
Manganeso	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aluminio			✓	✓	✓					
Plomo	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	
Antimonio				✓	✓	✓		✓	✓	

Zinc		✓		✓	✓					
------	--	---	--	---	---	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Lo que da a entender que la presencia de Arsénico, Antimonio, Manganeso, Hierro, Cadmio y Plomo cuyas concentraciones se encuentran por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, estaría asociado a la característica geoquímica de la zona (formaciones geológicas) compuesta por capas de sedimentos, arenas y arcillas ricas en minerales, las cuales se incorporan a la corriente del río Rímac por el arrastre de sus sedimentos ante la crecida y aumento del caudal, o también a la falta de control en el tratamiento de los efluentes industriales proveniente de la actividad minera llevada en la parte alta y aledaña al Distrito de Chicla, que vierten sus efluentes industriales al río Rímac, de igual forma a los desmontes de mina y pasivos mineros los cuales también estarían asociados a la presencia de mencionados metales encontrados a lo largo de la Cuenca del río Rímac.

Tenemos que las concentraciones más elevadas de los elementos metálicos, fueron localizados en la estación de monitoreo ubicado cerca a la Quebrada Antaranra - aguas abajo del vertimiento de Volcan Compañía Minera-UM Ticlio.

De la evaluación se tiene que los parámetros físico-químicos que sobrepasaron el estándar de calidad ambiental para agua categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub categoría A-2, fueron: el Ph para los años 2013, 2014 y 2017 en época de estiaje, en la estación de monitoreo EM-01 para los 3 años en mención, con concentraciones de 9.27, 9.16 y 9.17 respectivamente, y Demanda Química de Oxígeno (DQO) únicamente para el año 2017, también en época de estiaje, en las estaciones de monitoreo en estudio EM-01, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07, con concentraciones de 44 mg/lt, 51 mg/lt, 46 mg/lt, 47 mg/lt, 43 mg/lt y 34 mg/lt. Lo que evidencia que estos altos valores de DQO, se debieron a la alta presencia de materia orgánica en sus aguas.

Que los parámetros microbiológicos que sobrepasaron el estándar de calidad ambiental para agua, categoría 1: Poblacional y Recreacional - sub categoría A-2, fueron los siguientes: Coliformes Termotolerantes (en los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017), con un máximo valor de 23000 NMP/100MI en el año 2013 y Coliformes Totales (en el año 2011), con un máximo valor de 16000 NMP/100MI, ambos en época de estiaje. Lo que indica que el agua está contaminada con porcentajes considerables de materia orgánica de origen fecal, ya sea de origen humano o de origen animal en general, y que muestra una alta presencia de aguas negras.

Del monitoreo de la calidad de Agua del río Rímac en el Sector de Chicla para el período 2019, se concluye que:

- Los valores de las concentraciones de los Parámetros Físico-químicos de Ph, oxígeno disuelto y conductividad, se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2.
- Los valores de las concentraciones de los elementos metálicos del Arsénico, Aluminio, Cobre, Antimonio, Cadmio, Hierro, Zinc, y Plomo se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2, exceptuando al metal Manganeso, el cual tiene valores de 2.108 mg/L (EM-07-A) y 2.105 mg/L (EM-07-B), y se encuentra sobrepasando el ECA para agua.

- Los parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y Totales) se encuentran por debajo del ECA establecido para agua categoría I – A2, con valores de 240 NMP/100ml (EM-07-A), 79 NMP/100ml (EM-07-B) para coliformes termotolerantes, y valores de 540 NMP/100ml (EM-07-A), 130 NMP/100ml (EM-07-B) para coliformes totales respectivamente.

Del estudio de investigación se identificaron las siguientes fuentes de contaminación que afectan y/o alteran la calidad del agua del río Rímac en el distrito de Chicla:

- Contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas provenientes de la población de Chicla, y las conexiones no autorizadas realizadas por sus localidades, asentamientos humanos cercanos al Distrito de Chicla, los cuales no cuentan con servicio de alcantarillado.
- Contaminación por vertimientos de aguas residuales industriales provenientes de la minería.
- Contaminación por vertimientos generados por la presencia de pasivos ambientales mineros provenientes de bocaminas abandonadas y relaveras erosionadas que mineralizan el agua, y que traen como consecuencia el deterioro de la calidad del mismo.
- Contaminación por acumulación de desmontes.
- Contaminación por presencia de botaderos de residuos sólidos que desembocan en las aguas del río Rímac.

Donde la suma de todos ellos contribuye en la presencia de elementos metálicos, parámetros físico-químicos y microbiológicos presentes en las aguas del río Rímac del Sector del Chicla, las cuales deterioran significativamente la calidad del mismo.

## **CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES**

El presente trabajo de investigación que ha tenido como objetivo general determinar la calidad de agua del río Rímac en el distrito de Chicla podría ser utilizado como línea base para la elaboración de proyectos de recuperación de las aguas del río Rímac y sus tributarios, es por ello que se recomienda a la Municipalidad Distrital de Chicla tomar en cuenta este tipo de proyectos para la conservación de los recursos hídricos, y principalmente la conservación de la Cuenca del Río Rímac.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Chicla evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (Planta Chicla) del Distrito de Chicla para disminuir las altas concentraciones de coliformes termotolerantes y coliformes totales que son vertidas al cuerpo receptor.

Difundir los resultados de la presente investigación a la población de Chicla, como también a los centros poblados, asentamientos humanos, y localidades aledañas al distrito, de tal manera que se fomente la cultura de protección, conservación y mejora de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Rímac y el cuidado del medio ambiente.

Se pretende incentivar la realización de otros estudios de investigación similares a este, donde se pueda fomentar un trabajo conjunto con todos los distritos involucrados, partiendo de la cuenca alta hasta la cuenca baja del río Rímac, para así lograr la conservación de los recursos hídricos, y principalmente la conservación de la cuenca del río Rímac y sus tributarios.

## **CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Absalón, V. (2000). "Manejo de Cuencas Altoandinas". Tomo I, Universidad Nacional Agraria de la Molina – Lima, Perú.
- Arenazas, N. (2013). "Calidad de agua del río Rímac Sector San Mateo, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima". Tesis Pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima-Perú.
- Armas, C. (2002). CONCYTEC. Tecnología Ambiental. Primer Edición. Perú
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales
- Becerra, R. (2010). Tesis Titulada "Síntesis de Aspectos ambientales y propuesta de mitigación ambiental en la margen izquierda del río Rímac de Cercado de Lima". Lima – Perú.
- Calla Llontop H. (2010). "Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras". Tesis Mag. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Fac. de Ing. Geológica, Minera, metalúrgica y Geográfica. Lima-Perú.
- Castillo Ticllacuri Zulema (2014). "Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo". Tesis Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima-Perú.
- Chapman, D. (1996). "Water Quality Assessment – A Guide to the Use Of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring". Segunda Edición. EE.UU.
- Chiang. A. (1989). Niveles de los Metales Pesados en Organismos, Agua y Sedimentos Marinos Recolectados en la V Región de Chile. Memorias del Simposio Internacional sobre Recursos Vivos. Santiago de Chile.
- Fallas, J y Valverde. C. (2008). "Manejo y Priorización de Cuencas Hidrográficas, Principios, Criterios e Indicadores". Universidad Nacional Heredia. Costa rica.

- Guillén, O. et al (1998), Investigación Titulada “Contaminación de las aguas del Río Rímac: Trazas de metales”. Lima – Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2007. Censos Nacionales 2007. De Población y Vivienda, Perfil Sociodemográfico del Departamento de Lima.
- Juarez, H. (2012). Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima. Tesis en Ciencias Ambientales. Universidad Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Ley N° 28611 Ley General del Ambiente (2005).
- Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos (2009).
- Ley N° 26842 ley General de Salud (1997).
- Ongley, E.D. (1997). “Lucha contra la contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos”. Burlington – Canadá.
- Palacios, Alfredo (2013). "el rio Rímac y su desgarrador panorama". Lima – Perú.
- Ramírez Bautista Bernardino (2005). “El enclave minero y el desmejoramiento de los niveles de vida de los pueblos de la cuenca alta del río Rimac”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Ricardo A. Rojas (1986). “Contaminación del río Rímac por Metales Pesados provenientes de la Industria Minera”. Estudio presentado en la Reunión Interamericana sobre el Control de Vertimientos de Sustancias Tóxicas en Sao Paulo – Brasil.
- Sierra, C. (2011). “Calidad del Agua. Evaluación y Diagnóstico”. Primera Edición. Universidad de Medellín. Bogotá – Colombia.

## CAPÍTULO IX: ANEXOS

### **Registro Fotográfico**

- Monitoreo realizado el 31 de mayo del presente año 2019, en época de estiaje.
- Punto de monitoreo n°01. **EM-07-A**: Altura del puente Anchi II, aguas arriba, carretera central altura del kilómetro 100.

Coordenadas: 361555 Este, 8702594 Norte

### **Fotografía N° 1**

#### **Cuenca del río Rímac, aguas arriba del puente Anchi II**



**Fotografía N° 2**

**Toma de muestras**



### Fotografía N° 3

#### Toma de muestras



- Punto de monitoreo n°02. **EM-07-B**: Altura del puente Anchi II, aguas abajo, a unos 500 metros aproximadamente.

Coordenadas: 361797 Este, 8703171 Norte

### Fotografía N° 4

#### **Cuenca del río Rímac, aguas abajo del puente Anchi II**



**Fotografía N° 5**

**Toma de muestras**



**Fotografía N° 6**

**Multiparámetro, para el cálculo de los promedios de:**

**pH, Oxígeno disuelto, T° y conductividad**



**Fotografía N° 7**

## Medición con el equipo Multiparámetro



- RESULTADOS DE MONITOREO REALIZADO PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.
- SOLICITUDES DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA, A TRAVÉS DE LA LEY DE TRANSPARENCIA.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



## INFORME DE ENSAYO N° MA19050208 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : GIANCARLO MAYCA ZEGARRA  
Domicilio Legal :  
Solicitado Por : GIAN CARLO MAYCA ZEGARRA  
Referencia :

### DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA  
Plan de Muestreo : Realizado por el Cliente  
Cantidad de Muestras : 2  
Condición de la Muestra : Frascos de plástico y/o vidrio, preservados y refrigerados

Fecha de Muestreo : 30/05/2019  
Fecha de Recepción : 31/05/2019  
Fecha Inicio Ensayo : 31/05/2019

### METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Hierro Total	SM Part 3111 B, 23rd Ed. 2017.
Metales Totales (ICP-MS)	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E. 1, 23rd Ed. 2017
Numeración de Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

SIGLAS: "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF, "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

#### USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dilitadas en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visitenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)



Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genoveva, Parcela 5 Lurin  
Central: +51 1 5133399  
E-mail: [jramon@jramoncorp.com](mailto:jramon@jramoncorp.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



### INFORME DE ENSAYO N° MA19050208 CON VALOR OFICIAL

Parámetros	Unidad	L. D.	Resultados	
<b>Metales Totales (ICP-MS)</b>				
Aluminio total	mg/L	0,005	0,111	0,120
Antimonio total	mg/L	0,00028	<0,00028	<0,00028
Arsénico total	mg/L	0,00021	<0,00021	<0,00021
Bario total	mg/L	0,0003	0,0353	0,0361
Berilio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto total (*)	mg/L	0,00019	<0,00019	<0,00019
Boro total (*)	mg/L	0,001	<0,001	<0,001
Cadmio total	mg/L	0,00024	0,00193	0,00194
Calcio total (*)	mg/L	0,022	147,5	147,4
Cerio total (*)	mg/L	0,00022	<0,00022	<0,00022
Cesio total (*)	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobalto total	mg/L	0,00029	0,00031	0,00873
Cobre total	mg/L	0,00037	0,00840	0,00739
Cromo total	mg/L	0,00023	<0,00023	<0,00023
Estaño total (*)	mg/L	0,00022	<0,00022	0,00032
Estroncio total (*)	mg/L	0,00037	1,863	1,866
Fósforo total (*)	mg/L	0,005	<0,005	0,013
Galio total (*)	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003
Germanio total (*)	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003
Hafnio total (*)	mg/L	0,0004	<0,0004	<0,0004
Lantano total (*)	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002
Litio total (*)	mg/L	0,0003	0,0072	0,0098
Lutecio total (*)	mg/L	0,00022	<0,00022	<0,00022
Magnesio total (*)	mg/L	0,003	15,46	15,56
Manganeso total	mg/L	0,00064	2,108	2,150
Mercurio total	mg/L	0,00008	<0,00008	<0,00008
Molibdeno total	mg/L	0,00018	0,00950	0,00876
Niobio total (*)	mg/L	0,0007	<0,0007	<0,0007
Niquel total	mg/L	0,00034	<0,00034	<0,00034
Plata total	mg/L	0,00021	<0,00021	<0,00021
Plomo total	mg/L	0,00026	<0,00026	<0,00026

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

#### USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dilitadas en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será delimitado por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visitenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)



Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genoveva, Parcela 5 Lurin  
Central: +51 1 5133399  
E-mail: [jramon@jramoncorp.com](mailto:jramon@jramoncorp.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



## INFORME DE ENSAYO N° MA19050208 CON VALOR OFICIAL

Cod. Cliente	EM-07-A	EM-07-B		
Cod. Lab.	MA19050208.01	MA19050208.02		
Tipo de Producto	Agua N. Superficial	Agua N. Superficial		
Fecha de Muestreo	30/05/2019	30/05/2019		
Hora de Muestreo	15:34	16:00		
Cadena de Custodia	52947	52947		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
<b>Metales Totales (ICP-MS)</b>				
Potasio total (*)	mg/L	0,009	1,711	1,754
Rubidio total (*)	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003
Selenio total	mg/L	0,00033	<0,00033	<0,00033
Silicio total (*)	mg/L	0,013	5,372	5,341
Sodio total (*)	mg/L	0,009	7,749	7,603
Talio total	mg/L	0,00029	<0,00029	<0,00029
Tantalio total (*)	mg/L	0,0005	<0,0005	<0,0005
Teluro total (*)	mg/L	0,0005	<0,0005	<0,0005
Thorio total	mg/L	0,0005	<0,0005	<0,0005
Titanio total (*)	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio total	mg/L	0,00016	<0,00016	<0,00016
Vanadio total	mg/L	0,00035	<0,00035	<0,00035
Wolframio total (*)	mg/L	0,00277	<0,00277	<0,00277
Yterbio total (*)	mg/L	0,00021	<0,00021	<0,00021
Zinc total	mg/L	0,0009	0,1679	0,1783
Zirconio total (*)	mg/L	0,00035	<0,00035	<0,00035

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

#### USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dilitadas en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un período menor, en este caso el período de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visítenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)



Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genoveva, Parcela 5 Lurín  
Central: +51 1 5133399  
E-mail: [jramon@jramoncorp.com](mailto:jramon@jramoncorp.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



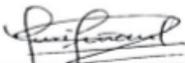
### INFORME DE ENSAYO N° MA19050208 CON VALOR OFICIAL

Cod. Cliente	EM-07-A	EM-07-B		
Cod. Lab.	MA19050208.01	MA19050208.02		
Tipo de Producto	Agua N. Superficial	Agua N. Superficial		
Fecha de Muestreo	30/05/2019	30/05/2019		
Hora de Muestreo	15:34	16:00		
Cadena de Custodia	52947	52947		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
Hierro Total	mg/L	0,0098	0,1004	0,1448
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100mL	1,8	240	79
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	1,8	540	130

Legenda: L.D = Limite de detección

Tiempo de Perecibilidad de Muestras
Metales Totales : 28días

Lurín, 7 de Junio del 2019

  
**Yuri Ricardo Liñan Gilio**  
Supervisor de Laboratorio Microbiológico  
CBP 11566

  
**Zaida Contreras Pachere**  
Supervisora de Laboratorio Químico  
CQP 1152

#### USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dilitantes en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visítenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)

**Entrega de información solicitada (CUT N° 98688-2019) - Gian-Carlo Guillermo Mayca Zegarra**

1 mensaje

Transparencia y Acceso a la Información Pública <transparencia@ana.gob.pe>  
 Para: Giancarlo Mayca Zegarra <giancarlo.mzegarra@gmail.com>

3 de junio de 2019, 10:23

CUT N° 98688-2019

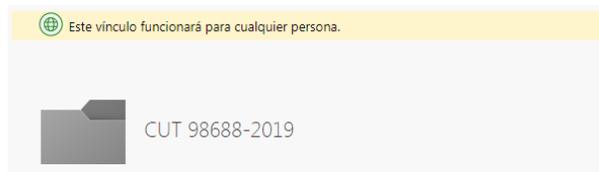
San Isidro, 03 de Junio de 2019

Señor  
**Gian-Carlo Guillermo Mayca Zegarra**  
[giancarlo.mzegarra@gmail.com](mailto:giancarlo.mzegarra@gmail.com)  
 Av. Sergio Bernales N° 380, Urb. Barrio Médico  
 Surquillo -

Asunto : Entrega de información solicitada

Referencia : Correo electrónico registrado el 28/05/2019

Tengo el agrado de dirigirme a usted en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicitó información de acceso público. Al respecto, remito por éste medio el vínculo (link) para la descarga de la totalidad de la información solicitada.



+ Nuevo ▾ ↑ Cargar ▾ ↓ Descargar

🔍 Ordenar ▾

Archivos > CUT 98688-2019

📄	Nombre ▾	Modificado ▾	Modificado por ▾	Tamaño del archivo ▾	Compartir	Actividad
📄	8.-I.T. N° 083-2016-ANA-AAA.CFSDGCRH.pdf	3 de junio	Transparencia y Acceso a l	84,4 MB	🔗 Compartido	
📄	6.-I.T. N° 020-2014-ANA-DGCRH-GOCRH.pdf	3 de junio	Transparencia y Acceso a l	30,8 MB	🔗 Compartido	
📄	5.-I.T. N° 0074_2014-ANA-AAA_CF_ALA_CH...	3 de junio	Transparencia y Acceso a l	33,5 MB	🔗 Compartido	
📄	10.-I.T. N° 182-2018-ANA-AAA.CF-ALA.CHR...	3 de junio	Transparencia y Acceso a l	24,7 MB	🔗 Compartido	
📄	9.-I.T. N° 241-2017-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL...	3 de junio	Transparencia y Acceso a l	30,5 MB	🔗 Compartido	
📄	7.-I.T. N° 085-2015-ANA.AAA.CFSDGCRH.PDF	3 de junio	Transparencia y Acceso a l	8,52 MB	🔗 Compartido	

Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente

**Ricardo Cavero Farfán**  
**Responsable de entregar información de**  
**Acceso Público de la Sede Central**  
 Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública  
 D. : Calle Diecisiete N° 355, Urb El Palomar San Isidro  
 T. : 224 3298 anexo 1530 - email: [transparencia@ana.gob.pe](mailto:transparencia@ana.gob.pe)



**Entrega de información solicitada (CUT N°: 61204-2019) - GIAN-CARLO GUILLERMO MAYCA ZEGARRA**

2 mensajes

Transparencia y Acceso a la Información Pública <transparencia@ana.gob.pe>  
Para: Giancarlo Mayca Zegarra <giancarlo.mzegarra@gmail.com>

11 de abril de 2019, 11:37

Transparencia y Acceso a la Información Pública ha compartido archivos de OneDrive para la Empresa con usted. Para verlos, haga clic en los vínculos siguientes.

- 2) I.T. N°005-2013-ANA-DGCRHRATQ\_pdf 3) I.T. N°072-2014-ANA-AAA-CF-ALA-CHRLULTV.pdf 4) I.T. N° 073-2014-ANA-AAA-CF-ALA-CHRLULTV.pdf  
 5) I.T. N°074-2014-ANA-AAA-CF-ALA-CF-ALA-CHRLULTV.pdf 6) I.T. N° 020-2014-ANA-DGCRH-GOCRH.pdf 7) I.T. N° 085-2015-ANA-AAA-CFSDGCRH.PDF  
 8) I.T. N° 083-2016-ANA-AAA-CFSDGCRH.pdf 9) I.T. N° 241-2017-ANA-AAA-CF-ALA-CHRL-ATC.LLC.pdf 1) I.T. N° 006-2012-ANA-DGCRHJOS\_pdf

CUT N° 61204-2019

San Isidro, 11 de Abril de 2019

Señor(a)

Gian-Carlo Guillermo Mayca Zegarra  
giancarlo.mzegarra@gmail.com

Asunto : Entrega de información solicitada

Referencia : Correo electrónico registrado el 02/04/2019

Tengo el agrado de dirigirme a usted en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicitó información de acceso público. Al respecto, remito por éste medio, vía archivo(s) adjunto(s) pdf, la **totalidad** de la información solicitada.

Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente

**Ricardo Cavero Farfán****Responsable de entregar información de  
Acceso Público de la Sede Central**

Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública

D. : Calle Diecisiete N° 355, Urb El Palomar San Isidro

T. : 224 3298 anexo 1530 - email: transparencia@ana.gob.pe





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de  
Evaluación y  
Fiscalización Ambiental

Responsable de Acceso  
a la Información Pública

"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Lima, 15 de abril de 2019

2019-E01-033552

**CARTA N° 00675-2019-OEFA/RAI**

Señor  
**GIAN-CARLO GUILLERMO MAYCA ZEGARRA**  
giancarlo.mzegarra@gmail.com  
Lima. -

Referencia : Solicitud de acceso a la información pública del 02.04.2019  
(Hoja de trámite N° 2019-E01-033552)

De mi mayor consideración :

Es grato dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual requiere que se le brinde la siguiente información:

*[SIC] - Solicito Información de datos de los resultados de monitoreos de la calidad de agua del río Rimac, cuenca alta, sector Chicia, entre los años 2010 a 2018, e informes técnicos de los mismos.*

*- Solicito Estudios Ambientales realizados en la Cuenca alta del río Rimac/Sector Chicia, entre los años 2010 a la actualidad.*

*- Solicito Información de denuncias ambientales que se hayan llevado en la cuenca alta del río Rimac, entre los años 2010 a la actualidad.\**

Al respecto, es preciso señalar la información solicitada es de carácter público de conformidad a lo establecido en el Artículo 10° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

En relación a los dos primeros extremos de su solicitud, la Dirección de Evaluación Ambiental remitió los siguientes informes, de acuerdo al siguiente detalle:

- Informe N° 00027-2015-OEFA-DE-SDCA-CEAI, Informe de evaluación ambiental de la cuenca del río Rimac ejecutado durante el año 2015
- Informe N° 0288-2011-OEFA-DE, Informe de evaluación de la calidad del agua en la cuenca alta del río Rimac
- Informe N° 388-2012-OEFA-DE, Informe de la Calidad Ambiental de vertimientos y cuerpos receptores en la cuenca alta del río Rimac
- Informe N° 829-2013-OEFA/DE-SDCA, Evaluación de la calidad del agua y sedimento en la cuenca alta y baja del río Rimac, por la influencia de las operaciones y pasivos mineros.

Finalmente, respecto al tercer extremo requerido, la Dirección de Políticas y Estrategias en Fiscalización Ambiental remitió un (01) cuadro Excel en el cual, se encuentra el detalle de las denuncias ambientales presentas a partir del año 2010 a la actualidad relacionadas a afectación de un cuerpo hídrico en la cuenca alta del río Rimac.

En ese contexto, se pone a su disposición la información mencionada, la cual será remitida sin costo alguno al correo electrónico consignado en su solicitud, conforme a lo estipulado en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM.

Atentamente,

[DALPACA]

fm

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Av. Faustino Sánchez Carrión N° 603, 607 y 615  
Jesús María, Lima - Perú  
Telf. (511) 204 9900



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de  
Evaluación y  
Fiscalización Ambiental

Responsable de Acceso  
a la Información Pública

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

Lima, 6 de mayo de 2019

2019-E01-041469

**CARTA N° 00864-2019-OEFA/RAI**

Señor  
**GIANCARLO MAYCA ZEGARRA**  
giancarlo.mzegarra@gmail.com  
Lima.-

Referencia : Solicitud de acceso a la información pública del 17.04.2019  
(Hoja de trámite N° 2019-E01-041469)

De mi mayor consideración :

Es grato dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual requiere que se le brinde la siguiente información:

*[SIC] - Solicito los resultados de Monitoreos/parámetros medidos en campo de la calidad del agua de la Cuenca del Río Rímac, en el período de años del 2010 al 2018( y/o los años que tengan apartir del año 2010) en formato EXCEL y/o en los formatos con los que cuente su entidad por favor. Los siguientes parámetros: Inorgánicos (metales), parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes y totales) y parámetros físico-químicos (pH, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, demanda química de oxígeno y sólidos totales). Muchas Gracias.*

Al respecto, es preciso señalar la información solicitada es de carácter público de conformidad a lo establecido en el Artículo 10° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

En ese sentido, respecto al extremo "*Solicito los resultados de Monitoreos/parámetros medidos en campo de la calidad del agua de la Cuenca del Río Rímac, en el período de años del 2010 al 2018( y/o los años que tengan a partir del año 2010) en formato EXCEL (...)*", la Dirección de Evaluación Ambiental (en adelante, la DEAM) remitió la copia digital del Informe N° 00027-2015-OEFA-DE-SDCA-CEAI, "Informe de evaluación ambiental de la cuenca del río Rímac durante al año 2017", en el cual se realizaron estudios al componente agua y cuentan con el nivel de detalle requerido por el solicitante. Asimismo, la DEAM remitió cuatro (4) archivos Excel en los cuales se encuentra el detalle de los parámetros evaluados.

Sin perjuicio de ello, la DEAM remitió la copia digital de los siguientes informes de evaluaciones ambientales realizadas en la cuenca del Río Rímac, en cuyos casos sólo se cuenta con el informe pero no el detalle de los parámetros en archivos Excel:

- 📎 366-2012-OEFA-DE
- 📎 023-2014-OEFA/DE-SDCA
- 📎 629-2013-OEFA-DE
- 📎 268-2011-OEFA/DE
- 📎 467-2013-OEFA/DE-SDCA
- 📎 469-2013-OEFA/DE-SDCA

En ese contexto, se pone a su disposición la información mencionada, la cual será remitida sin costo alguno al correo electrónico consignado en su solicitud, conforme a lo estipulado en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM.

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Av. Faustino Sánchez Carrón 603, 607 y 615

Jesús María, Lima - Perú

Tel. (511) 204 9900