



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

Facultad de
**INGENIERÍA GEOGRÁFICA,
AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN, EN EL
DEPARTAMENTO DE PASCO.**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR (A)

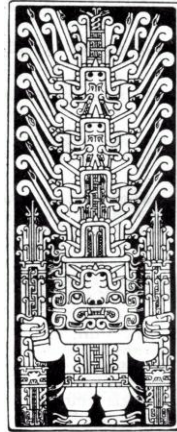
Villarreal Huacachi, Meredith Pat

ASESOR (A)

Galarza Zapata, Edwin Jaime

Lima - Perú
2016

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
E.A.P DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESÍS:

**CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN, EN EL DEPARTAMENTO DE
PASCO.**

**Para obtener el título profesional de
Ingeniero Ambiental**

Presentado por la Bachiller

Meredith Pat Villarreal Huacachi

Lima - Perú

2016

DEDICATORIA:

A Dios.

A mis queridos padres:

La Sra. Elizabeth Huacachi y el Sr. Luperto Villarreal quienes me dieron vida, educación, apoyo, consejos y que con su amor incondicional forjaron a una persona de bien y con esfuerzo me han traído hasta aquí.

A mis hermanos:

Edith y Emerson con todo mi cariño para que también sigan superándose.

Y también a todos aquellos que no creyeron en mí, a los que esperaban mi fracaso en cada paso que daba, a los que apostaban que me quedaría a medio camino, a todos los que supusieron que no lo lograría, a todos ellos les dedico esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios Todopoderoso por brindarme la oportunidad de obtener otro triunfo personal, y darme salud, sabiduría, y entendimiento para lograr esta meta.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, la Máxima Casa de Estudios, por darme la posibilidad de titularme de ella; me siento sumamente orgullosa de ser una profesional UNFV.

A mi Asesor Académico de la Universidad, el DR. Edwin Galarza. Gracias por su paciencia y criterio, he podido contar con su guía y ayuda.

A mis profesores informantes Dr. Gómez Lora, Ing. Gladys Rojas, Dr. Alva y al Mg. Walter Zuñiga, por sus valiosos comentarios y siempre buena disposición.

A todos mis familiares que de alguna manera u otra celebrarán mi éxito.

A todos mis amigos y a los que se hicieron mis amigos ayudándome con la culminación de este trabajo que no hubiera sido posible sin el aporte de éstas mismas, en la cual destaco a Gian Carlo Salas al cual deseo agradecer su valioso e incondicional apoyo.

RESUMEN

La presente tesis consiste en determinar la calidad del agua superficial del río San Juan; para lo cual se ha evaluado los monitoreos históricos proporcionados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) durante los años 2001-2011 y también se ha realizado dos monitoreos como parte de la investigación tanto en época de avenida y en época de estiaje durante el año 2014.

El objetivo general del presente trabajo radica en identificar a los elementos metálicos, físicos-químicos y microbiológicos, así como las posibles fuentes de contaminación que ocasionan la presencia de aquellos elementos, ante el desarrollo de las actividades mineras y las descargas de aguas residuales domésticas. La zona de estudio se ubica en los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca en el departamento de Pasco, a una altitud de 4380 m.s.n.m.

Con la finalidad de evaluar la calidad del agua en la zona de estudio se monitorearon en seis estaciones de monitoreo de calidad de agua a lo largo del río San Juan, las cuales fueron ubicadas por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), antes encargada de los monitoreos del agua.

Los valores registrados en campo y laboratorio de los cuerpos de agua naturales fueron comparados con los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), categoría 3: Riego para Vegetales y Bebida de Animales.

Palabras clave: Estándar de calidad ambiental, cuerpo de agua natural, descarga de agua residual doméstica, elementos físico químicos, metales y elementos biológicos.

ABSTRACT

This thesis is to determine the quality of the surface water of the San Juan River; for which it has evaluated historical monitoring provided by the General Directorate of environmental health (DIGESA) during the years 2001-2011 and there has also been two monitoring as part of the investigation both in time of flood and during dry seasons during the year 2014.

The general objective of this work lies in identifying the microbiological, physical-chemical and metallic elements as well as potential sources of pollution that cause the presence of those elements, to the development of mining activities and domestic wastewater discharges. The study area is located in the districts of Simón Bolívar, Tinyahuarco, and Huaracaca in the Department of Pasco, at an altitude of 4380 m.a.s.l.

In order to evaluate the quality of the water in the study area were monitored at six stations for monitoring quality of water along of the San Juan River, which were located by the General Directorate of environmental health (DIGESA), formerly responsible for the monitoring of the water.

The values recorded in field and laboratory of natural bodies of water were compared with the values set in the standard of environmental quality (ACE), category 3: irrigation for plants and animals drink.

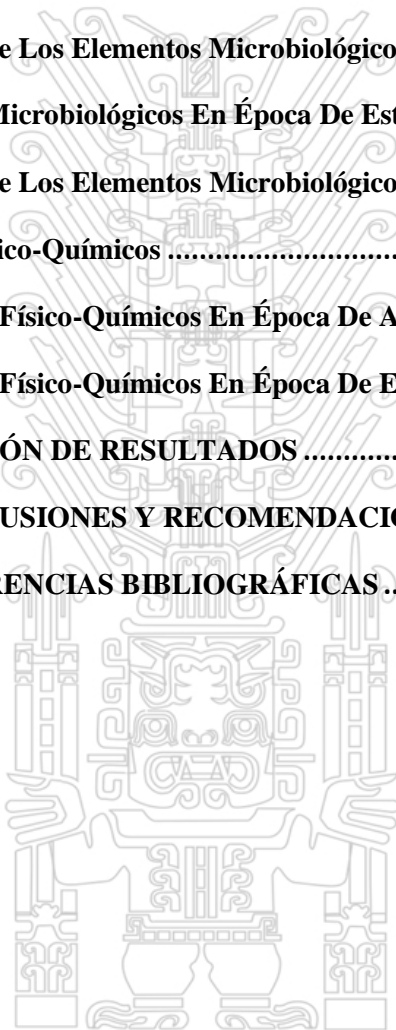
Keywords: Environmental quality standards, body of natural water, discharge of domestic waste water, physical- chemical elements, metals and biological elements.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA:	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	19
1.1.0. Introducción	19
1.1.1. Antecedentes	19
1.2.0. Planteamiento del Problema	24
1.2.1. Formulación del Problema	25
1.2.1.1. Problema Principal	25
1.2.1.2. Problemas Secundarios	25
1.3.0. Objetivos	26
1.3.1. Objetivo General	26
1.3.2. Objetivos Específicos	26
1.4.0. Hipótesis	26
1.5.0. Variables	27
1.6.0. Justificación	27
1.7.0. Importancia	28
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	29
2.1.0. Bases Teóricas	29
2.1.1. Agua	29
2.1.2. Parámetros Físicos, Químicos Y Biológicos	29
2.1.2.1. Parámetros Físicos	29
2.1.2.2. Parámetros Químicos	32

2.1.2.2.1. Características Biológicas	40
2.1.3. Contaminación del Agua.....	40
2.1.3.1. Contaminantes Comunes del Agua	40
2.1.3.2. Descripción De Los Efectos Por Presencia De Metales En El Agua.....	41
2.2.0. Definición De Términos Básicos.....	44
2.3.0. Marco Legal	47
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	53
3.1.0. Materiales.....	53
3.1.1. Materiales Cartográficos.....	53
3.2.0. Equipos.....	53
3.3.0. Metodos	54
3.4.0. Procedimientos	54
3.4.1. Trabajo de Campo.....	54
3.4.2. Análisis de Muestras	58
CAPÍTULO IV: CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	62
4.1.0. Localización del Área de Estudio	¡Error! Marcador no definido.
4.1.1. Accesibilidad.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.2. Geología.....	65
4.1.3. Hidrología.....	69
4.2.0. Biológica	72
4.2.1. Ecología	72
4.3.0. Descripción Poblacional y de Servicios Básicos.....	74
4.4.0. Actividades Minero Metalúrgicas En La Cuenca.....	82
4.5.0. Pasivos Mineros.....	83
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	86
5.1.0. Metales	88

5.1.1.	Metales En Época De Avenida	88
▪	Variación De La Concentración De Metales Pesados En Época De Avenida	95
5.1.2.	Metales Pesados En Época De Estiaje	104
▪	Variación De La Concentración De Metales Pesados En Época De Estiaje	110
5.2.0.	Elementos Microbiológicos	119
5.2.1.	Elementos Microbiológicos En Época De Avenida	119
▪	Variación De Los Elementos Microbiológicos En Época De Avenida	122
5.2.2.	Elementos Microbiológicos En Época De Estiaje	125
▪	Variación De Los Elementos Microbiológicos En Época De Estiaje	128
5.3.0.	Parámetro Físico-Químicos	131
5.3.1.	Parámetros Físico-Químicos En Época De Avenida	131
5.3.2.	Parámetros Físico-Químicos En Época De Estiaje	133
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		139
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		153
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		157



ÍNDICE DE CUADROS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1	Clasificación de las Aguas según su dureza	35
2	Contaminantes comunes del Agua	41
3	Coordenadas de estaciones de monitoreo	63
4	Provincias del departamento de Pasco	75
5	Estación de monitoreo de Efluente (Pasivo Ambiental)	84
6	Estación de Monitoreo relave Quiulacocha (Pasivo Ambiental)	84
7	Concentración de Metales en Época de Avenida 2001	89
8	Concentración de Metales en Época de Avenida 2002	89
9	Concentración de Metales en Época de Avenida 2003	90
10	Concentración de Metales en Época de Avenida 2004	90
11	Concentración de Metales en Época de Avenida 2005	91
12	Concentración de Metales en Época de Avenida 2006	91
13	Concentración de Metales en Época de Avenida 2008	92
14	Concentración de Metales en Época de Avenida 2009	93
15	Concentración de Metales en Época de Avenida 2010	93
16	Concentración de Metales en Época de Avenida 2011	94
17	Concentración de Metales en Época de Avenida 2014	94
18	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2001	104
19	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2002	105
20	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2004	106
21	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2005	106
22	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2006	107
23	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2007	107
24	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2008	108
25	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2010	108
26	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2011	109
27	Concentración de Metales en Época de Estiaje 2014	109
28	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Avenida 2003 (NMP/dL)	120

29	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Avenida 2004 (NMP/dL)	120
30	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Avenida 2006 (NMP/dL)	121
31	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Avenida 2014 (NMP/dL)	121
32	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Estiaje 2004 (NMP/dL)	126
33	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Estiaje 2005 (NMP/dL)	126
34	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Estiaje 2006 (NMP/dL)	127
35	Concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales en Época de Estiaje 2014 (NMP/dL)	127
36	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida - Conductividad....	132
37	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida-Oxígeno Disuelto..	132
38	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida – Cianuro Wad.....	132
39	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Avenida 2014 – Aceites y Grasas y Demanda Bioquímica Orgánica.....	133
40	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje - Ph.....	134
41	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje – Conductividad	134
42	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje – Aceites y Grasas...	134
43	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje – Demanda Bioquímica De Oxígeno.....	135
44	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje – Oxígeno Disuelto..	135
45	Valores de Parámetros Físico-Químicos en Época de Estiaje – Cianuro Wad	135

INDICE DE GRÁFICOS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1	Estaciones de monitoreo.....	59
2	Diagrama Fluvial - Cuenca San Juan.....	71
3	Pasco: Población Censada, Según Provincia, 2007	76
4	Tipos de Material de Construcción de Viviendas	78
5	Servicios Básicos de Alumbrado.....	79
6	Tipos de Servicio Higiénico	79
7	Tipos de Abastecimiento de Agua	80
8	Hospitales, según Departamento, 2006-2011.....	81
9	Grado de Estudio de la Población	82
	Metales pesados en Época de Avenida - Estándar de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.	
10	Variación de Arsénico en Avenida.....	96
11	Variación de Cadmio en Avenida.....	97
12	Variación de Cobre en Avenida.....	98
13	Variación de Hierro en Avenida.....	99
14	Variación de Manganeso en Avenida	100
15	Variación de Níquel en Avenida	101
16	Variación de Plomo en Avenida	102
17	Variación de Zinc en Avenida	103
	Metales pesados en Época de Estiaje - Estándar de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.	
18	Variación de Arsénico en Estiaje.....	111
19	Variación de Cadmio en Estiaje	112
20	Variación de Cobre en Estiaje.....	113
21	Variación de Hierro en Estiaje	114
22	Variación de Manganeso en Estiaje.....	115

23	Variación de Níquel en Estiaje	116
24	Variación de Plomo en Estiaje.....	117
25	Variación de Zinc en Estiaje	118

Elementos Microbiológicos en Época de Avenida - Estándar de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.

26	Variación de Coliformes Termotolerantes en Avenida	141
27	Variación de Coliformes Totales en Avenida.....	142

Elementos Microbiológicos en Época de Estiaje - Estándar de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.

28	Variación de Coliformes Termotolerantes en Estiaje	147
29	Variación de Coliformes Totales en Estiaje.....	148



ÍNDICE DE PLANOS O MAPAS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1.	Ubicación de las Estaciones de Monitoreo.....	60
2.	Ubicación de las Empresas Mineras.....	61
3.	Ubicación del Área de Estudio	64
4.	Formaciones Geológicas.....	68
5.	Hidrológico	71
6.	Mapa Ecológico	73
7.	Identificación de Pasivos Mineros.....	85

RELACIÓN DE ANEXOS

N°	DESCRIPCIÓN
1	Fotografías.
2	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de cuerpos naturales de Agua Superficial.
3	Cadena de Custodia.
4	Informe de Ensayo.
5	Estándar de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM).
6	RM N° 117-2012-MINAM

INTRODUCCIÓN

El agua es el mayor recurso del planeta, pero a la vez el más escaso,preciado e imprescindible para la existencia de la vida, dicho así parece una contradicción pero no lo es, porque la cantidad disponible es escasa y su distribución desigual. Podemos considerar que el agua dulce es escasa, es insustituible para la vida y la actividad socioeconómica.

Hoy en día se escucha hablar de escases del agua a nivel mundial, pues solo 1% del agua del planeta es agua dulce que puede ser utilizada para el consumo humano. El agua es un recurso fundamental para todos los seres vivos, sin embargo hoy en día las diferentes fuentes de agua vienen siendo contaminadas por diversas actividades que realiza el hombre. En nuestro país, por ejemplo, la industria minero metalúrgica, es una de las principales fuentes de contaminación de aguas superficiales. Este problema, generalmente se presenta en la zona sierra de nuestro país donde hay presencia de unidades mineras que vierten sus efluentes en los cuerpos receptores deteriorando la calidad de agua.

En la cuenca alta del río San Juan, la actividad minera es intensa, por lo que el río San Juan recibe su primer impacto negativo procedente de los vertimientos industriales de la empresa minera Volcan y de las descargas domésticas de la población, a través de la quebrada Quiulacocha, notándose un cambio en las propiedades físicas y químicas, siguiendo el recorrido se encuentra la empresa minera Aurex y la empresa minera El Brocal, que vienen desarrollándose con la explotación de yacimientos polimetálicos que han traído como consecuencia la degradación de las aguas. Motivo que ha impulsado el

desarrollo de la presente tesis de investigación respecto al estado de la calidad del agua de éste cuerpo receptor.

Basado en la problemática se ha realizado un análisis de la situación actual de la calidad del agua del tramo del río San Juan, distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca, provincia de Pasco y de sus afluentes principales, el cual constituye ámbito de estudio, identificar cuáles son los elementos metálicos, fisicoquímico y microbiológico con mayor concentración por encima de lo establecido en los Estándares de Calidad del Agua respecto a la Categoría III, riego de vegetales y bebida de animales, durante los años 2001 al 2011 y el 2014, en épocas de avenida y estiaje en el río San Juan, con la finalidad de dar a conocer si en el período de estudio la calidad del Río San Juan ha mejorado o no, por lo que se utilizó los resultados de los monitoreo de calidad de agua efectuados por DIGESA como parte del Programa de Vigilancia y Monitoreo de Recursos Hídricos.

La investigación se desarrolló en dos etapas, la primera la etapa de campo, etapa en la cual se monitoreó 06 estaciones: M-01, M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06 a lo largo del río San Juan como parte de la investigación (2014); y también se visitó las instituciones DIGESA e INGEMET para obtener información histórica de la zona. La segunda etapa fue la etapa de gabinete en la cual se procesaron todos los datos obtenidos en campo, etapa en la cual se tuvieron algunas limitaciones pues se tuvo que trabajar con los resultados de los monitoreos históricos desde el año 2001 al 2011, sin embargo hubieron años de los cuales no se contaba con data completa de todos los parámetros y con la data generada en el año 2014 con la finalidad de comparar si en el período de estudio estimado la calidad del río San Juan ha mejorado o no.

La presente tesis está estructurada en nueve capítulos: el CAPÍTULO I, en el cual se mencionan los aspectos generales del trabajo de investigación describiendo así los antecedentes, el problema, los objetivos, la justificación, importancia, hipótesis y variables del trabajo de investigación; el CAPÍTULO II, en el cual se presenta el marco normativo aplicable en la investigación como el marco legal en el ámbito nacional como internacional, y las bases teóricas necesarias para entender la importancia de realizar la presente investigación; el CAPÍTULO III, en el cual se dan a conocer los materiales, equipos y métodos utilizados; el CAPÍTULO IV, donde se presentan las características geográficas del área de estudio así como una descripción general de la población que la rodea. En el CAPÍTULO V, se presentan los resultados obtenidos luego de procesar los datos obtenidos de los monitoreos de calidad del agua del río San Juan durante los años 2001 al 2011 y 2014, resultados que en el CAPÍTULO VI se discuten haciendo un análisis en base a la bibliografía revisada.

Finalmente en el CAPÍTULO VII se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación, las conclusiones que se basan en la discusión de resultados presentada en el capítulo precedente (7.1.) y las recomendaciones (7.2). La bibliografía revisada la cual se menciona en el CAPÍTULO VIII.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1.0. INTRODUCCIÓN

1.1.1. ANTECEDENTES

1.1.1.1. EN EL ÁMBITO NACIONAL

- Al efectuar un estudio limnológico del lago Chinchaycocha con fines energéticos, se determinó que el agua estaba contaminada en la zona de contacto con el río San Juan; pero no se efectuó estudios de sedimentos y de análisis de la concentración de metales. Según el Convenio ELECTRO CENTRO - MIPE (1986), determinaron que las cargas estacionales de metales totales y disueltos en la temporada de lluvia en el río San Juan, son las responsables de la degradación periódica de la calidad del agua de la cuenca principal, así como de la acumulación de sedimentos con gran concentración de metales pesados. Recomendaron desarrollar estudios de cuantificación de tipos, cantidades, fuentes, y efectos de los contaminantes del río San Juan. (Ministerio de Energía y Minas, 1998).
- En su trabajo de investigación, “Contaminación por Metales Pesados en Agua, Sedimento y Biota del Lago Junín, Enero a Diciembre del 2000”, en la que llegó a determinar niveles de concentración por metales pesados en agua, además reporta indicios de diferencias concentración de metales pesados en organismos, pero de una manera general. (Castillo 2001).
- Contaminación de Metales Pesados, La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables, por lo que una vez emitidos pueden permanecer en el medio ambiente durante cientos de años. Los

elementos que han experimentado mayores incrementos en su producción en los últimos años son: Al, Ni, Cr, Cd. La minería en sus actividades de transporte, transferencia y procesado de minerales, desarrollada desde hace miles de años. Durante toda la vida minera de Oruro, más de 120 minas estatales y privadas, han dejado concentraciones altas de metales pesados con daños irreversibles para los ecosistemas terrestres, acuáticos. Lagos Poopó y Uru Uru, para lo cual se establecerán mecanismos de alternativas de solución, mediante el gobierno para establecer normas y estándares de los límites permisibles para los efluentes industriales mineros con la finalidad de proteger y preservar el los ecosistemas acuáticos y terrestres de País. (Ríos C. 2001).

- Los metales pesados como el Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Se, As, Cd, Hg, etc.; y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de procesamiento de minerales, no se degradan biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos vivos (Chiang, 1989).
- Un aspecto importante del estudio de la contaminación acuática, es la aplicación de programas de vigilancia y monitoreo, cuya actividad principal está destinada a mitigar la contaminación actual, eliminarla o impedirla en el futuro; y debe estar dirigida a evaluar durante un tiempo determinado el estado de ciertos parámetros que se consideren indicativos del proceso de deterioro de las aguas por la contaminación (Millones, 1995).
- Son muchos los ríos y lagunas del país, donde han ocurrido desastres por contaminación minera; el caso más notable es la contaminación del río Mantaro, donde el alto grado de polución química de sus aguas ha motivado la

desaparición de flora y fauna de éste río, en la mayor parte de su recorrido (OSASA, 1984). Paredes (1984), hace un estudio sobre los efluentes líquidos de la minería y su comportamiento químico en la potabilización del agua; Corzo (1986), hace una evaluación del problema de los residuos mineros en el Perú; la Southern Perú Copper Corporation (1986), relaciona la ecología con la actividad minera en Cuajone; León (1992), evalúa algunos metales que afectan la calidad del agua del río Moche; asimismo, Millones (1995), sustenta el seguimiento y evaluación ambiental en el manejo de cuencas.

- Respecto a los límites permisibles, se ha establecido la diferencia entre el concepto de límite de emisión, que se refiere al contenido de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos vertidos al ambiente por la actividad generadora, y el límite de exposición que se refiere a los valores máximos a los que puede estar expuesto el ser humano en el ambiente de trabajo o fuera de él, sin poner en peligro su salud o seguridad (Ministerio de Energía y Minas, 1993).
- El agua es la sustancia más abundante, puesto que cubre un poco más de las 3/4 partes a la superficie terrestre, es indispensable para la vida y esta constituyendo en gran parte los seres vivos. El agua en la vida de los seres humanos tiene una gran importancia; desde tiempos muy remotos ha sido utilizada para múltiples propósitos, así como para la bebida, el uso doméstico, el transporte marino, para la agricultura y la pesca; por lo tanto nuestras vidas se encuentran totalmente dependientes de esta sustancia (Solano, 1997).
- Calla, H. (2010) en su tesis titulada “Calidad de Agua en la Cuenca del río Rímac, sector San Mateo, afectado por las actividades Mineras”, tuvo como

objetivo analizar el grado de alteración causado por la actividad minera en la calidad de agua del río Rímac en el sector de San Mateo, teniendo como una de sus conclusiones que la evolución de la calidad del agua hasta el año 2010 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 y que sin embargo, 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 en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua en lo que respecta al uso del agua para el riego de vegetales y bebida de animales.

- Guillén, O., et al (1986. 1986a) hallaron en las aguas marinas frente a la desembocadura del Río Rímac concentraciones mayores de 30, 50, 1,5 y 100 ppb. de Cobre, Plomo, Cadmio y Zinc, respectivamente, valores muy superiores a lo establecidos en la Ley de Aguas. Asimismo en los sedimentos marinos encontraron altas concentraciones de cobre (10 a 180 ppm), Plomo (20 a 250 ppin), Cadmio (3 a 5 ppm) y de Zinc (10 a 300 ppm), procedentes de las aguas del Río Rímac.

1.1.1.2. EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

- La Organización de las Naciones Unidas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 – Agenda 21, capítulo 18, sobre la Protección de la calidad y el suministro de los recursos de

agua dulce: Aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

Propone siete áreas de programas entre los cuales figuran: la Protección de los recursos hídricos, la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos, para lo cual se propusieron ocho actividades destinadas a:

- a. La Protección y conservación de los recursos hídricos;
 - b. El Control y prevención de la contaminación del agua;
 - c. Desarrollo y aplicación de tecnologías no contaminantes;
 - d. La Protección de las aguas subterráneas;
 - e. La Protección de ecosistemas acuáticos;
 - f. La Protección de los recursos vivos de agua dulce;
 - g. La Vigilancia y supervisión de los recursos hídricos y de las aguas a las que se vierten desechos; y
 - h. La Elaboración de los instrumentos jurídicos nacionales e internacionales que se requieran para proteger la calidad de los recursos hídricos.
- 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.
- Declaración del Milenio, de las Naciones Unidas, realizada en Setiembre del año 2000 en Nueva York; consideran que determinados valores fundamentales son esenciales para las relaciones internacionales en el Siglo XXI. Entre ellos se encuentra el Respeto a la Naturaleza pues es necesario actuar con prudencia en la gestión y ordenación de todas las especies vivas y todos los recursos naturales, conforme a los preceptos del desarrollo sostenible.

1.2.0. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de las diversas industrias mineras, han ocasionado la descarga de enormes cantidades de aguas industriales y las descargas domésticas de la población en los ríos, causando gran contaminación hasta el grado de no poder utilizarse para el uso doméstico. Según la **RM N° 117-2012-MINAM**, indica “declarar en Emergencia Ambiental las localidades de Champamarca, Quiulacocha, Paragsha y Asentamiento

Humano José Carlos Mariátegui, situadas en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco”. Siendo conscientes de la contaminación del río San Juan visualizándose en la degradación de su ecosistema acuático de fauna y flora presentes en los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca, se desarrolla la siguiente tesis enfocada en la calidad del agua del río, destinado para Riego de Vegetales y Bebida de Animales, sin embargo se tiene la data histórica sólo del periodo 2001-2011 por lo tanto la presente tesis realizó el monitoreo del 2014 para comparar las concentraciones de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y metálicos.

1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1.1. PROBLEMA PRINCIPAL

- ¿Cuáles son las concentraciones de los elementos metálicos, fisicoquímicos y microbiológicos que han superado el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 3: Riego para Vegetales y Bebida de Animales durante el periodo 2001 – 2011 y 2014 en época de avenida y estiaje en el río San Juan?

1.2.1.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

- ¿Cuáles son las concentraciones de la calidad del agua para el 2014?
- ¿Siguen superando las concentraciones de los elementos físicoquímicos, microbiológicos y metálicos de la calidad del agua dispuesto en el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 3: Riego para Vegetales y Bebida de Animales para el periodo 2001-2011 y 2014?

- ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación del agua en la cuenca del Río San Juan?

1.3.0. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Determinar la calidad del agua del río San Juan y su cumplimiento de acuerdo a lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 3: Riego para Vegetales y Bebida de Animales durante el periodo 2001 al 2011 y 2014.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Realizar el monitoreo y análisis de la calidad de agua durante el periodo 2014.
- ❖ Evaluar los resultados de los monitoreos de las concentraciones de los elementos metálicos, fisicoquímicos y microbiológicos, durante el periodo 2001-2011 y 2014 tanto en época de avenida y estiaje, con los niveles establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental de Agua dado por el D.S. 002-2008-MINAM. Categoría 3.
- ❖ Identificar las posibles fuentes de contaminación.

1.4.0. HIPÓTESIS

Hipótesis N° 1

El monitoreo de la calidad de agua en el periodo 2001 al 2011 y 2014, mostraría un incremento de las concentraciones de los elementos metálicos, fisicoquímicos

y microbiológicos, con respecto al ECA, Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales.

1.5.0. VARIABLES

1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Independientes	Indicadores
Elementos metálicos	mg/L
Elementos fisicoquímico	Und. pH, μ S/cm, mg/L, %.
Elementos microbiológico	NMP/dL

1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Variable Dependiente	Unidades
Calidad de Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración de elementos metálicos > ECA agua. Categoría 3. - Concentración de elementos microbiológico > ECA agua. Categoría 3. - Concentración de elementos fisicoquímico > ECA agua. Categoría 3.

1.6.0. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de Investigación se origina como efecto de la contaminación del río San Juan por las empresas mineras y de las descargas domésticas de la población, para así dar a conocer que la presencia de elementos metálicos, físicoquímicos y

microbiológicos en concentraciones altas, deterioran la calidad del Río San Juan, y que podrían seguir incrementándose si no se toman medidas correctivas.

El estudio planteado permitirá establecer, entre otros aspectos, la concentración de los elementos metálicos, físicoquímicos y microbiológicos, que son vertidas por las empresas mineras y la población, para lo cual la información recabada nos dará a conocer los objetivos principales que vienen a ser, los resultados de los monitoreos históricos (2001-2011) y como investigación los resultados durante el año 2014, tanto en época de avenida y de estiaje. Dando a conocer el grado de contaminación que tienen los vertimientos de las empresas mineras y las descargas domésticas de la población a través de los años.

1.7.0. IMPORTANCIA

La importancia de ésta investigación radica que en base a los resultados obtenidos, las municipalidades distritales de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca determinarán las medidas preventivas y correctivas a fin de poder conservar y/o mejorar la calidad del agua superficial del río San Juan y a su vez podrá ser utilizado como línea base para propuestas de conservación hídrica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.0. BASES TEÓRICAS

2.1.1. AGUA

El agua es una sustancia química compuesta de 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: líquido, gas (vapores) y sólido (hielo). Se conoce, además, que en la naturaleza sigue un ciclo (ciclo hidrológico)¹.

2.1.2. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS ²

Los principales parámetros utilizados para medir un agua residual varían desde precisas determinaciones químicas cuantitativas hasta determinaciones cualitativas biológicas y físicas. Se presenta las definiciones, explicaciones y aplicaciones de los parámetros, incluyéndolas dentro de las secciones que se refieren a las características físicas, químicas y biológicas del agua residual.

2.1.2.1. PARÁMETROS FÍSICOS

La característica física más importante es su contenido total de sólidos, el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión en dispersión coloidal y en disolución. Otras características físicas son la temperatura, color y olor.

¹ Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico. Ediciones de la U. Colombia. Pág. 53.

² Centro de Estudios y Control de contaminación CESCO. Pág. 9.

- **Sólidos totales**

Analíticamente, el contenido total de sólidos del agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 103-105°C. La materia que tenga una presión de vapor significativa a dicha temperatura se elimina durante la evaporación y no se define como sólido. Los sólidos totales o residuo de evaporación, pueden clasificarse como sólidos suspendidos o sólidos filtrables, a base de hacer pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. Por lo general, el filtro se elige de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos incluye los sólidos sedimentables que se depositarán en el fondo de un recipiente en forma de cono durante un periodo de 60 minutos.

Los sólidos sedimentables son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación.

- **Temperatura**

Es generalmente más alta que la del suministro, debido a la adición de agua caliente procedente de las casas y de las actividades industriales.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la aplicabilidad del agua a usos útiles. Una temperatura más elevada puede, por ejemplo, producir un cambio en las especies piscícolas que existen en el agua. A las empresas industriales que utilizan aguas superficiales para refrigeración les interesa mucho la temperatura de agua en captación.

- **Color**

Históricamente, la palabra condición se utilizó junto con composición y concentración para describir el agua residual.

La condición se refiere a la edad del agua residual. Se determina cualitativamente por su color y olor. El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, como quiera que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias el oxígeno disuelto en el agua reduce a cero y el color cambia a negro. Esta condición, se dice que el agua residual es séptica. Algunas aguas residuales de tipo industrial añaden color al agua residual doméstica.

- **Olor**

Son debidos a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica.

El olor más característico del agua residual séptica es del sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos.

Las aguas residuales industriales contienen áreas compuestas olorosas, o capaces de producir olores en el proceso de tratamiento.³

Los parámetros escogidos se utilizan para evaluar el impacto ambiental y/o el nivel de toxicidad del agua, para la salud humana, recursos acuáticos y riego agrícola.

Normalmente los ríos constituyen lugar de desarrollo de vida, tanto de especies acuáticas como de especies vegetales a ambas márgenes del lecho.

³ OPCIT. Pág. 10-11

Sin embargo, la utilización del agua por el hombre para sus diversas actividades, ha creado ciertos conflictos de uso, ocasionando inclusive la sobre explotación del recurso hídrico, impactando de manera negativa sobre el entorno y generando desequilibrios perjudiciales. De otro lado, el alto grado de ocupación de las tierras que soporta el área de estudio, tiene como consecuencia un entorno de baja calidad ambiental, quedando pocos espacios de calor para su diversidad biológica y/o natural.

2.1.2.2. PARÁMETROS QUÍMICOS ⁴

Incluyen a los orgánicos, los inorgánicos y los gases.

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

- **pH**

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. El pH mide la intensidad de acidez o basicidad. Es importante decir que el pH mide el grado de acidez o alcalinidad pero no determina el valor de la acidez ni alcalinidad ⁵.

⁴ Hernández M, Aurelio, (1993), "Abastecimiento y Distribución de Agua". Pág. 72.

⁵ Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico. Ediciones de la U. Colombia. Pág.59.

- **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_2 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_2 , por la presencia de iones H^+ libres, por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrolización de sales de ácido fuerte y base débil.

La causa más común de acidez en aguas es el CO_2 , 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.⁶

⁶ OPCIT. Pág. 73

- **Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua puede definirse como:

- Capacidad para neutralizar ácidos,
- Capacidad para reaccionar con iones hidrógeno,
- Capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH^-).

La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento y control de corrosión.

En la coagulación química del agua, las sustancias usadas como coagulantes reaccionan para formar precipitados de hidróxidos insolubles. Los iones H^+ originados reaccionan con la alcalinidad del agua y por lo tanto, la alcalinidad actúa como buffer (acción de mantener, prácticamente, un pH invariable cuando se añaden a la solución pequeñas cantidades de ácido o de base) del agua en un intervalo de pH en que el coagulante puede ser efectivo. Por consiguiente, para que ocurra una coagulación completa y efectiva, es necesario un exceso de alcalinidad. En el ablandamiento del agua por métodos de precipitación, la alcalinidad es un dato necesario para el cálculo de la cantidad de cal y carbonato de sodio (soda ash) necesario para el proceso. En agua naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones:

- Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (boratos, silicatos, fosfatos, etc.) que contribuyen a la alcalinidad; sin embargo, en la práctica la contribución de éstos es insignificante y puede ignorarse.

- **Dureza**⁷

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incremento la temperatura del agua. En términos de dureza las aguas pueden clasificarse así: (ver cuadro N°1)

CUADRO N° 1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN SU DUREZA

Tipo	Concentración de CaCO ³ en mg/L
Blandas	0-75 mg/L de CaCO ³
Moderadamente duras	75-150
Duras	150-300
Muy duras	300 o más

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.

⁷ OPCIT. Pág. 75-76

- **Grasas**

El término grasas se aplica a una amplia variedad de sustancias orgánicas que se extraen de soluciones acuosas o en suspensión. La extracción de estas sustancias se hace en laboratorio utilizando hexano. Generalmente, se pueden considerar grasas compuestos como los hidrocarburos, esterés, 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.

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 líquidos⁸.

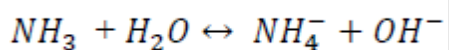
- **Nitrógeno**

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.

⁸ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia.

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.

El nitrógeno amoniacal se encuentra en solución acuosa en forma de ion amonio o como amoniaco, en función del pH de la solución de acuerdo con la siguiente ecuación:



Con pH superiores a 7, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda, mientras el anión amonio es predominante a pH menores de 7. El amoniaco se determina elevando el pH, destilando el amoniaco con el vapor producido cuando se hierve la muestra y condensando el valor que absorbe el amoniaco gaseoso⁹.

Los ambientes acuáticos sin contaminar contienen pequeñas cantidades de nitrógeno amoniacal, generalmente menores de 0,1 mg N/L. Las concentraciones de nitrógeno amoniacal medidas en aguas superficiales son típicamente menores de 0,2 mg/L pero pueden alcanzar hasta 2-3 mg N/L. El nitrógeno amoniacal, es por lo tanto un indicador de la contaminación orgánica. En los ambientes lenticos (lagos, embalses).

La concentración de nitritos, cuya determinación raramente excede la cantidad de 1 mg/L en las aguas residuales y de 0,1 mg/L en el caso de las aguas superficiales y subterráneas. A pesar de que su presencia suele darse en concentraciones pequeñas, los nitritos tienen gran importancia en los estudios de aguas, dada su gran toxicidad para gran parte de la fauna piscícola y demás especies acuáticas.

⁹ Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico. Ediciones de la U. Colombia.

El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en el agua. Se forman en la descomposición de las sustancias orgánicas nitrogenadas, principalmente proteínas. Es importante considerar los nitratos en el tratamiento del agua porque en concentraciones mayores de 10 mg/L como N (45 mg/L como NO^3), se ha comprobado que producen una enfermedad en los niños llamada metahemoglobinemia. Las concentraciones de nitrato en efluentes de aguas residuales pueden variar entre 0 y 20 mg/L.

Cuando existen actividades antrópicas, las aguas superficiales pueden tener concentraciones hasta de 5 mg NO^3 /L pero normalmente menores de 1 mg NO^3 /L. Concentraciones por encima de los 5 mg NO^3 /L usualmente indican contaminación, ya sea por desechos domésticos, de animales o la escorrentía. En lagos y embalses concentraciones de nitratos por encima de 0,2 mg NO^3 /L ya empiezan a generar problemas de eutroficación en el agua. En las aguas subterráneas se puede llegar a concentraciones de nitratos hasta de 500 mg NO^3 /L, especialmente en zonas agrícolas debido a la utilización de fertilizantes¹⁰.

- **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.

¹⁰ Carlos Sierra R. (2011). Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico. Ediciones de la U. Colombia.

La prueba más conocida es la DBO₅. 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.

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 ecuación¹¹:



- **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 microorganismos¹².

¹¹ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia.

Pág.74.

¹² Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia.

Pág.74.

2.1.2.2.1. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las aguas crudas pueden tener una gran variedad de microorganismos patógenos y no patógenos. Según Sierra Ramirez (2011), los microorganismos más importantes que se encuentran en el agua y pueden producir enfermedades son las bacterias, los virus, las algas, los hongos y algunos protozoos.

2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación consiste en una modificación generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola inapropiada o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural. La presente investigación está enfocada en la contaminación del cuerpo receptor de agua superficial.¹³

2.1.3.1. CONTAMINANTES COMUNES DEL AGUA

La contaminación del agua son los cambios físicos o químicos del agua que afectan adversamente a los organismos. Existe un número muy grande de contaminantes del agua así como una diversidad de fuentes de contaminación, en el cuadro N°2 se muestran los contaminantes comunes del agua, la mayoría de ellos provenientes de las actividades humanas como la industria minera, la agricultura, la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, vertimientos de aguas servidas, entre otros. En la actualidad la contaminación del agua en nuestro país es un problema socioambiental que está causando conflictos sociales entre las diferentes comunidades afectadas por la contaminación de sus aguas y la industria, principalmente la industria minera.¹³

¹³ Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. 2002. Tecnología Ambiental.

CUADRO N° 2. CONTAMINANTES COMUNES DEL AGUA

TIPO	EJEMPLOS
Químico	Sales disueltas: ácidos, sales y compuestos de metales tóxicos Hg y Pb. Nutrientes vegetales inorgánicos como nitratos y fosfatos. Sustancias orgánicas: Petróleo, aceites, plaguicidas, solventes, detergentes, etc.
Físico	Sólidos flotantes. Material suspendido: partículas insolubles, suspendidas. Material sedimentable: Espumas, líquidos insolubles y calor: enfriamiento de máquinas y plantas.
Biológico	Bacterias patógenas: que producen fiebre tifoidea, cólera, disentería, enteritis, etc. Virus: hepatitis infecciosa, poliomielitis. Protozoarios: disentería amebiana, giarda. Gusanos parásitos: esquistosomiasis. Maleza acuática: algas.

Fuente: CONCYTEC. 2002. *Tecnología Ambiental*. Perú. Pág. 175.

2.1.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS POR PRESENCIA DE METALES EN EL AGUA

a. Manganeso

En pequeñas cantidades produce manchas muy intensas en porcelana y muebles sanitarios. Su oxidación posibilita la formación de precipitados, generando turbiedad y disminución de la calidad estética de los cuerpos de agua¹⁴.

¹⁴ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia.

b. Zinc

Es un elemento esencial para las plantas y animales, pero en elevadas concentraciones es tóxico para algunas especies de la vida acuática. En aguas alcalinas pueden originar opalescencia en concentraciones de 5 mg/l. Su presencia es un indicador de descargas contaminantes industriales¹⁵.

c. Aluminio

En aguas de consumo debe estar en 54 µg/l y en aguas subterráneas se encuentra en valores menores de 0,1 µg/l. Los minerales principales asociados al aluminio son la bauxita y óxidos de aluminio que son usados como abrasivos. Se usa en intercambiadores de calor y construcción de partes de aviones, contenedores y en material de construcción. El sulfato de aluminio se usa en la potabilización del agua como floculante. A valores mayores de 1,5 mg/l constituye un toxico peligroso en los ambientes marinos. Para aguas de consumo la Environmental Protection Agency (EPA), recomienda concentraciones máximas permisibles de 0,05 mg/l¹⁵.

d. Arsénico

La contaminación de arsénico aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. Obstaculiza la reproducción celular. Los tejidos de muchos organismos lo acumulan, por tanto, sus efectos dañinos pueden durar un tiempo cuando la concentración es baja, pero a pesar de ello es mortal¹⁵.

¹⁵ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia. Pág.86 y 87.

e. Cadmio

Afecta principalmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha). Produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal¹⁵.

f. Cobre

Su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO₂.

g. Cromo

Su toxicidad varía con el tipo de peces, con la temperatura y el pH del agua, así como también con su estado de oxidación, siendo el Cr⁺⁶ el más nocivo. Las sales de cromo imparten una coloración en el agua¹⁶.

h. Plomo

Produce una variedad de síntomas en los tejidos vulnerables. Cuando el agua está contaminada con sales de plomo, se le forma a los peces una película mucosa coagulante, primero sobre las agallas y luego sobre todo el cuerpo, causándoles sofocación¹⁶.

i. Hierro total

Aguas con alto contenido de este metal, al entrar en contacto con el aire, se puede precipitar, originando sólidos sedimentables, y coloración de las aguas. Su presencia imposibilita el uso del agua en algunas actividades industriales y posibilita el crecimiento de las bacterias de hierro (crenothrix), que causan taponamiento en las tuberías de acueducto¹⁷.

¹⁶ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia. Pág.87.

¹⁷ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia. Pág.85.

2.2.0. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.2.1. AGUA RESIDUAL

Para la Autoridad Nacional del Agua, se define al agua residual como aquella cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas.

2.2.2. AGUA TRATADA

Para la dirección General de Salud ambiental, el agua tratada es toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

2.2.3. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

Según la Autoridad Nacional del Agua, es la medida de la concentración o de grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

2.2.4. CADENA DE CUSTODIA

Para la Autoridad Nacional del Agua, según el Protocolo Nacional de monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial (2011), es un documento fundamental en el monitoreo de la calidad del agua que permite garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados del análisis del laboratorio.

2.2.5. CALIDAD DE AGUA

Para la Autoridad Nacional del Agua, según el Protocolo Nacional de monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial (2011), es el estudio que permite

conocer la calidad natural y actual del agua, determinar la capacidad de dilución de contaminantes y clasificar los cuerpos naturales del agua. Esta clasificación permitirá identificar las aguas de calidad aptas para usos prioritarios y para la protección o conservación.

2.2.6. CUERPO RECEPTOR

Aquellas aguas del país, marítimas, terrestres y atmosféricas del territorio y espacio nacional, que reciben los residuos líquidos o vertimientos de cierta actividad productiva (Dirección General de Salud Ambiental).

2.2.7. VERTIMIENTO

Según la Autoridad Nacional del Agua, es la descarga de cualquier cantidad de material o sustancia ofensiva a la salud pública.

2.2.8. CAUDAL

Según la Autoridad Nacional del Agua, es la cantidad de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo.

2.2.9. MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Según la Autoridad Nacional del Agua, es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua, con el objetivo de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación.

2.2.10. MUESTRA DE AGUA

Según la Autoridad Nacional del Agua, es una herramienta del monitoreo. Su función básica es la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales.

2.2.11. PRESERVANTE QUÍMICO

Según la Autoridad Nacional del Agua, es una solución química que inhibe y/o estabiliza la muestra para conservar la muestra de agua hasta el momento del análisis.

2.2.12. PROTOCOLO

Según la Autoridad Nacional del Agua, es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica.

2.2.13. PUNTO DE MONITOREO

Según la Autoridad Nacional del Agua, es la ubicación geográfica de un punto, donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad en un cuerpo natural de agua en forma periódica, en el marco de las actividades de vigilancia.

2.2.14. PUNTO DE CONTROL

Según la Autoridad Nacional del Agua, representa aquel lugar previamente establecido en un cuerpo de agua para llevar a cabo la evaluación de su calidad y cantidad, como parte de las actividades de fiscalización de vertimientos autorizados y/o Reusos.

2.2.15. RÍO

Según la Autoridad Nacional del Agua, corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, en un lago o en otro río.

2.2.16. 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 se 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. La escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto más importante de ingeniería; se expresa en mm¹⁸.

2.3.0. MARCO LEGAL

Según el Artículo 2, inciso 22 de la Constitución Política del Perú - 1993 se menciona que toda persona tiene derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.

- En el año 1991; Código Penal, Aprobado por Decreto Legislativo N°635; establece penas privativas de libertad a las personas que depositen, comercialicen o viertan desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados, con mayor sanción si el agente es funcionario o servidor público.
- Según el artículo 96 del capítulo IV de la Ley General de Salud N° 26842 - 1997 se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental y que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Asimismo, los Artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII, tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo.

¹⁸ Absalón Vasquez V. (2000). *Manejo de Cuencas Altoandinas*. Tomo 1. Universidad Agraria La Molina. Pág. 193.

- En el año 2008; creación de Ministerio del Ambiente, Decreto Legislativo N° 1013. Tiene como objeto la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta, que permita contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de la persona humana, en permanente armonía con su entorno, así asegurar a las presentes y futuras generaciones el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. Asimismo tiene entre sus objetivos asegurar la prevención de la degradación del ambiente y de los recursos naturales y revertir los procesos negativos que los afectan.
- Según el artículo 9 de la Ley General del Ambiente N° 28611 la Política Nacional del Ambiente tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la preservación, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.
- Según el artículo 11 de la Ley General del Ambiente N° 28611, se menciona como uno de los lineamientos a el fortalecimiento de la gestión ambiental, por lo cual debe dotarse a las autoridades de recursos, atributos y condiciones adecuadas para el ejercicio de sus funciones conforme al carácter transversal de la gestión ambiental, tomando en cuenta que las cuestiones y problemas

ambientales deben ser considerados y asumidos integral e intersectorialmente y al más alto nivel, sin eximirse de tomar en consideración o de prestar su concurso a la protección del ambiente incluyendo la conservación de los recursos naturales.

- Según el artículo 31 de la Ley General del Ambiente N° 28611, se menciona que el Estándar de Calidad Ambiental, ECA, es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
- Según el artículo 66 de la Ley General del Ambiente N° 28611 se menciona que la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. 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 genera riesgos a la salud de las personas.
- Según el artículo 67 de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 se menciona que, las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reuso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales promoviendo la universalidad,

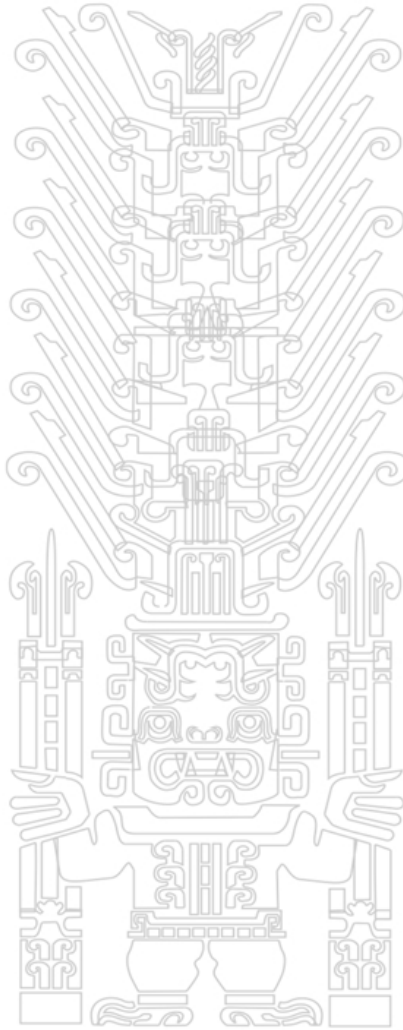
calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

- Según el artículo 90 de la Ley General del Ambiente, ley N° 28611 se menciona que, el Estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran; regula su asignación en función de los objetivos sociales, ambientales y económicos; y promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso.
- Según el artículo 113 de la Ley General del Ambiente se menciona que, son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental el aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.
- Según el artículo 3 de la Ley de Recursos Hídricos, ley N° 29338, se menciona 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, inclusive en épocas de escasez. Así también menciona en el Principio de sostenibilidad que, el Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran. El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y

económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

- Según el artículo 75 de la Ley de Recursos Hídricos, ley N° 29338, se menciona que la Autoridad Nacional, a través del consejo de cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.
- Según el artículo 79 de la Ley de Recursos Hídricos, ley N° 29338, se menciona que la Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de calidad Ambiental del Agua (ECA- Agua) y Límites máximos permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.
- Según el artículo 103 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010 - AG, se menciona que la protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; establecer medidas específicas para eliminar o reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación.
- Política Nacional del Ambiente, D.S. N° 012-2009- MINAM, tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de

ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.



CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.0. MATERIALES

3.1.1. MATERIALES CARTOGRÁFICOS

La información cartográfica que se ha utilizado es la Carta Nacional de Pasco (hoja 22 k), a escala 1:100 000 elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) del año 1983 y Shape files para la elaboración de los mapas brindados por del Ministerio del Ambiente y Autoridad Nacional del Agua. También se utilizó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de cuerpos naturales de Agua Superficial.

3.2.0. EQUIPOS

Para el procesamiento de la información y redacción de la tesis se ha utilizado una computadora portátil Core I3 marca HP para campo para ingresar las coordenadas y ubicación de los puntos, una Impresora Epson y millares de papel para la impresión del documento, útiles de escritorio como lapiceros, lápices, resaltadores; para la elaboración de los mapas se hizo uso del programa Arcgis versión 9.3; una cámara fotográfica Canon de 12 mega pixeles, modelo: powershot con serie: 642060027582 para la captura de fotografías del área de estudio; un GPS marca GARMIN, Modelo: Etrex 10 con serie: 2DR516240 para la verificación de las estaciones de monitoreo y un multiparametro marca: WTW, modelo: MULTI 3430 con serie: 12490992 para medición de temperatura, oxígeno disuelto, pH y oxígeno disuelto.

3.3.0. METODO

El desarrollo del presente trabajo está considerado en la necesidad de fortalecer las actividades de los recursos hídricos, con el componente de calidad de agua que nos permite el desarrollo del monitoreo en los seis puntos de control, y de esta manera determinar qué elementos han superado Estándar de Calidad Ambiental de Agua (D.S. 002-2008-MINAM. Categoría3) y el grado de contaminación de los efluentes mineros y domésticos, tanto en época de estiaje como en época de avenida. Para mayores detalles de la ubicación de las empresas mineras, ver Mapa N°2.

El universo, el río San Juan. La unidad de muestra, los seis puntos de monitoreo representado por los puntos M-01, M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06. Delimitación temporal – espacial, se realizó en la época de estiaje (Junio) y estiaje (Noviembre).

El método utilizado Cuantitativa – Aplicativa; que consiste en cuatro etapas de trabajo teniendo para cada una de ellas su propia metodología de estudio, así como se indica a continuación.

3.4.0. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. Trabajo de Campo

Comprende los muestreos de agua en los cuerpos receptores o en los vertimientos para obtener información actual del estado de la calidad del agua de la zona de estudio a fin de poder tener un punto de comparación con los resultados obtenidos en años anteriores, basada en el reconocimiento del área de estudio en el que los puntos de monitoreos estaban establecidos por DIGESA, así como las especificaciones e instrucciones

establecidas por el laboratorio donde se analizaron las muestras; en donde se debe considerar los siguientes aspectos;

- La elección de los puntos de muestreo se realizó de acuerdo a los puntos de vigilancia establecida en ese entonces por la entidad DIGESA en el periodo del año 2001 al 2011.

Se tomaron 6 estaciones de monitoreo del río San Juan y sus afluentes que realizó DIGESA todos los años. Dicha institución utilizó el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado en Setiembre del año 2011.

- En el año 2014, se monitoreó las estaciones de monitoreo establecidos por la entidad DIGESA, tanto en época de avenida como de estiaje. El monitoreo se desarrolló de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Ver gráfico N° 1. Para mayores detalles ver Mapa N°1.

- La primera estación para el presente estudio, denominada M-01, se encuentra ubicada en el Río San Juan, Vinchuscancha.
- La segunda estación, denominada M-02, se encuentra ubicada en el Río San Juan, Estación de bombeo N° 1 - Yurajhuanca.
- La tercera estación, denominada M-03, se encuentra ubicada en Quebrada Quiulacocha, 50 m. antes de la unión con el río San Juan, Yurajhuanca.

- La cuarta estación, denominada M-04, se encuentra ubicada en el Río San Juan, puente Los Angeles, 1 Km. aguas abajo de descarga qda. Quiulacocha.
 - La quinta estación, denominada M-05, se encuentra ubicada en la Quebrada Huachuacaja (descargas de Soc. Minera El Brocal S.A.) Colquijirca.
 - La sexta estación, denominada M-06, se encuentra ubicada en el Río San Juan, 100 m aguas abajo de quebrada Huachuacaja.
- Selección de los parámetros de muestreo: metálicos, fisicoquímico y microbiológicos.
- Los datos para el análisis de la calidad del agua se obtuvieron del Programa de Vigilancia y Monitoreo de Recursos Hídricos realizado por DIGESA.
 - Para el análisis de las concentraciones de metales en mg/L en el agua se tomaron los resultados de los años 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2014, los cuales fueron evaluados para temporadas de estiaje y avenida. Se evaluaron las concentraciones de cadmio, cobre, plomo, zinc, hierro, manganeso, níquel, arsénico y zinc para temporadas de estiaje y avenida.
 - Para el análisis de las concentraciones de elementos biológicos en el agua se tomaron los resultados de los años 2001, 2003, 2004, 2006 y 2014, los cuales fueron evaluados para temporadas de estiaje y avenida. Se evaluaron las

concentraciones de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales en NMP/ 100 mL. Cabe mencionar que no se tomaron en cuenta los resultados para el año 2002, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010 ni para el año 2011 por no tener datos suficientes para analizarlos en temporadas de estiaje y avenida.

- Para el análisis de los parámetros físico-químicos se trabajó con los siguientes años: para analizar pH y Conductividad Eléctrica en época de avenida y estiaje se tomó los resultados de los años 2001 al 2011 y 2014. Para analizar el Oxígeno Disuelto en época de avenida se tomó los resultados de los años 2005 y 2014, y en época de estiaje se tomó resultados de los años 2004, 2007 y 2014. Para Cianuro WAD en época de avenida se tomó resultados de los años 2006 al 2011 y 2014, en época de estiaje se tomó los resultados de los años 2006, 2008, 2010, 2011 y 2014. Para Aceites y Grasas en época de avenida se tomó el resultado de del año 2014 y para la época de estiaje los años, 2001 y 2014. Para la Demanda Química de Oxígeno en época de avenida se tomó resultado del año 2014 y en época de estiaje los años, 2001 y 2014.
- Los resultados se compararon con los estándares de calidad de agua según el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM en función a la Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales

- Preparación de los materiales y equipos para el muestreo.
- Instrucciones para el llenado de la cadena de custodia.
- Mediciones en campo.

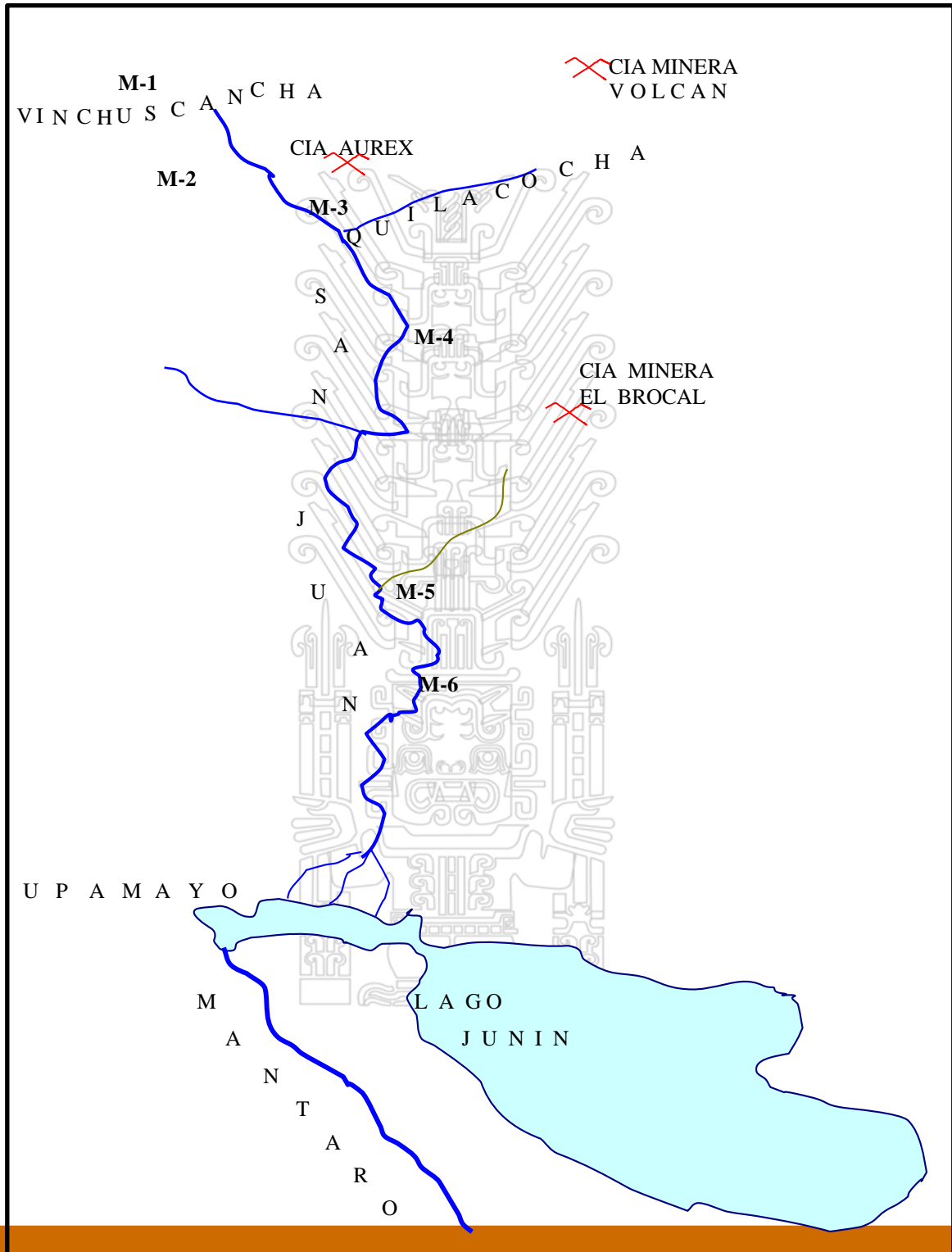
- Especificaciones para las muestras en función a lo establecido para cada parámetro: tipo de preservante, reactivos, temperatura y tiempo de preservación.
- Instrucciones para el envío de las muestras al laboratorio: rotulado y embarque.

3.4.2. Análisis de muestras

El análisis de las muestras se realizará en un laboratorio certificado que emplee procedimientos estándar con lo cual se pueda tener precisión y exactitud en los resultados. Entre los procedimientos utilizados para el análisis de las muestras tenemos los de la APHA (American Public Health Association – Asociación de Salud Pública Americana) y los de la EPA (Environmental Protection Agency – Agencia de Protección Ambiental).



GRÁFICO N° 1. ESTACIONES DE MONITOREO

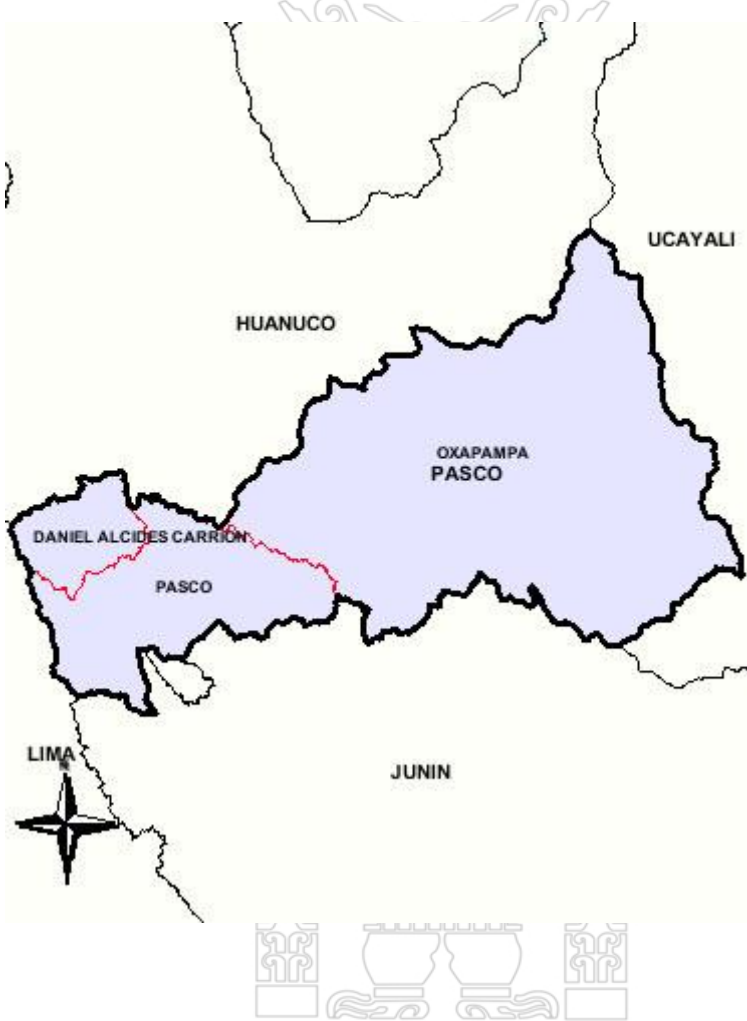


Fuente: Dirección General de Salud. 2001.

PLANO N° 1. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO



PLANO N° 2. UBICACIÓN DE LAS EMPRESAS MINERAS



CAPÍTULO IV: CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.0. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El desarrollo de la presente tesis de investigación se ubica en los Andes Centrales del Perú, a unos aproximadamente 25 km al Norte del Lago de Junín y con una altitud promedio de 4250 msnm. La investigación está referido a la calidad del agua; el criterio que se ha tenido en cuenta para la delimitación está basado en el sistema hidrográfico del área de interés, por el sistema hidrográfico comprendido dentro de los distrito de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca, el cual está conformado por el río San Juan y sus afluentes principales por la margen izquierda como el río Blanco y la quebrada Párac y por la margen derecha cada una de las quebradas de menor grado.

Geográficamente el área de estudio tiene como valores centrales, los de las coordenadas 8810919 N y 356269 E en el sistema UTM WGS 84. El área de estudio comprende el tramo del río San Juan ubicado dentro de los distritos Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca, distritos que pertenecen a la provincia de Pasco, departamento de Pasco, (Ver Mapa N°2). En dicho, tramo se han seleccionado 6 estaciones de monitoreo de agua (ver Capítulo III), cuyas coordenadas se muestran a continuación en el cuadro N°3.

CUADRO N° 3. COORDENADAS DE ESTACIONES DE MONITOREO

Código Estación	Coordenadas UTM		Altitud (msmn)
	Este	Norte	
M-01	356218	8816236	4201
M-02	356744	8813430	4197
M-03	357387	8816528	4213
M-04	356269	8810919	4184
M-05	358058	8806412	4150
M-06	359054	8806130	4146

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental. 2001.

4.1.1. ACCESIBILIDAD

El acceso al área de estudio se realiza a través de bus interprovincial o taxis colectivos, desde la ciudad de Lima y dirigiéndose por la Carretera Central hasta la ciudad de La Oroya, desde donde se toma la carretera que va hacia la ciudad de Pasco. Ambas carreteras se encuentran asfaltadas en su totalidad. El recorrido desde Lima hasta el último punto de monitoreo M-06 es aproximadamente 298 km. Las vías de acceso donde se encuentra cada punto de monitoreo son afirmadas y de uso público. La ciudad de Pasco está conectada también con Lima a través de una línea férrea entregada en concesión a la empresa Ferrovías Central Andina S.A. El máximo tiempo estimado de llegada es de 11 horas en bus interprovincial, la tarifa de los pasajes para llegar a Pasco oscila entre S/. 40.00 a 80.00 nuevos soles.

PLANO N° 3. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



4.1.2. GEOLOGÍA ¹⁹

4.1.2.1. ESTRATIGRAFÍA

En el área de estudio se ha identificado formaciones geológicas, cuya descripción se basa a información del Boletín N° 77: Geología de los Cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores – INGEMMET (1983), publicado por el Servicio de Geología y Minería del Ministerio de Energía y Minas. De acuerdo al cuadrángulo de Cerro de Pasco (cuadrángulo 22 k), la geología regional de la zona está conformada predominantemente por las siguientes unidades litoestratigráficas:

- **Grupo Excelsior (SD-e):**

Está formado por pizarras y filitas intercaladas con cuarcitas de grano fino y algunas capas de calizas; esta formación es incompetente mostrando bastantes pliegues, sus mejores afloramientos se presentan en dirección norte a sur, limitados por el cerro Uchuccocora hasta Smelter (Tinyahuarco).

- **Grupo Mitu (Ps-m):**

Es un depósito típico de molasa y de niveles volcánicos representados por andesitas que pueden ser las más tempranas manifestaciones volcánicas regionales en los Andes Centrales. En la zona de Huaraucaca sobreyace a las pizarras del Grupo Excelsior en discordancias, muchas veces cubierta por depósitos recientes.

¹⁹ Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Ampliación de operaciones a 18 000 TMD – Sociedad Minera el Brocal S.A.A. pág. 107-111.

- **Grupo Pucará (Trj-p):**

Son calizas gris claro, brunacea y arenosa. Aflora a lo largo del contacto entre pizarras y filitas del Grupo Excélsior, muchas veces cubriendo al Grupo Mitu en disconformidad e infrayace en concordancia a rocas cretáceas.

- **Grup Goyllarisquizca (Ki-g):**

Indica toda la serie clástica y calcárea que aflora, que incluye formaciones como: Chimu, Santa, Carhuaz y Farrat. Esta constituido en la base por areniscas blanquecinas, en estratos medios con niveles delgados de conglomerados; estratificación cruzada y sesgada, grano medio a fino de aproximadamente 90 m de espesor.

- **Formación Casapalca (KP-ca):**

En el área de Cerro de Pasco, se observa estratos de conglomerados con intercalaciones de areniscas de colores rojos, con niveles de caliza gris blanquecina formando estructuras plegadas bien formadas.

- **Volcánico Rumillana (Nm-r):**

Es una secuencia de rocas de naturaleza volcanoclástica, es decir, aglomerados Rumillana (Cerro de Pasco) y Toba Unish (Marcapunta).

El aglomerado Rumillana es de color gris oscuro, constituido por fragmentos angulosos y subangulosos de caliza, filita y chert en 90% y roca ígnea porfirítica fuertemente alterada en 10%, la unidad Tufo Unish está constituida por piroclastos y lavas que conforman el flanco sur y este de Marcapunta, mientras que al centro y al oeste afloran lavados de composición dacítica a cuarzo-lutítica. Hacia los extremos sur y norte

ocurren brechas marginales que poseen una mezcla de clastos y bloques de basamento sedimentario y metamórfico sin evidenciar estructuras de sedimentación.

- **Rocas Subvolcánicas (Nm-da,cl):**

En Tinyahuarco se presenta un domo de composición dacítica a cuarzo latita que intruye una secuencia de piroclastos y lavas, ubicadas en la parte sur (Unish), ocasionando brechas marginales en los extremos sur y norte denominados como San Gregorio y Marcapunta.

Las brechas poseen una mezcla de clastos del bloque del basamento sedimentario y metamórfico sin evidenciar estructuras de sedimentación, la matriz ígnea con fenocristales soldados o piroclastos de grano fino, se piensa que sean depósitos piroclásticos explosivos y/o de avalancha.

- **Rocas Subvolcánicas (Nm-an,da):**

De composición andesítica – dacítica, se caracteriza por su modo porfirítico.

- **Depósitos aluviales (Q-al):**

Presentan capas de grava gruesa y fina con cierta clasificación y elementos redondeados y subredondeados, asociados a capas de arena, limo y en proporciones variables. Se observan en ambos márgenes del río San Juan y del río Ocshapampa, estos depósitos forman típicos conos aluviales de variada amplitud, que han servido para el desarrollo de centros poblados y terrenos de cultivo. Mayores detalles ver Mapa N° 3.

PLANO N° 4. FORMACIONES GEOLÓGICAS



4.1.3. GEOMORFOLOGÍA²⁰

La mayor parte de la zona de estudio se encuentra dentro de las altiplanicies interandinas que separan la cordillera occidental de la cordillera oriental. Se han diferenciado tres unidades morfológicas en la cordillera oriental: cordillera oriental, borde de la cordillera oriental y valles interandinos.

4.1.3.1. Cordillera Oriental

Ubicado en el extremo noreste del cuadrángulo de Pasco, al oeste de Ticlayán, abarca altitudes entre 4300 y 4400 msnm, y puede alcanzar hasta 4800 msnm en el nevado Quilococha.

El relieve está conformado por valles en “V”. en el fondo se encuentran ríos rectilíneos, los cuales erosionan rocas del complejo metamórfico del Marañón e intrusivos del carbonífero-pérmico.

4.1.3.2. Borde Oeste de la cordillera Oriental

Se extiende desde Carhuamayo hasta Cerro de Pasco. Tiene forma alargada de dirección NO-SE. Su altura promedio varía entre 4200 hasta 4400 msnm y puede llegar hasta 4600 msnm en los picos más elevados.

Éste relieve está conformada por valles glaciares en forma de “U”. en el fondo de los valles se encuentran lagunas morrénicas y ríos anastomosados de poca pendiente, que forman parte del lago Junín.

²⁰ Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco-Hoja 22-k. INGEMMET (2011). Pág. 12 y13.

4.1.3.3. Valles interadinos

Son valles juveniles en forma de “V” con laderas inclinadas, y pueden llegar a formar cañones con laderas subverticales. La altura en el fondo de los valles en promedio 3200 msnm y en las cumbres de los cerros, 4400 msnm. La red hidrográfica está compuesta por ríos rectilíneos que discurren de asur a norte y conforman las nacientes del río Huallaga.

4.1.4. HIDROLOGÍA²¹

La zona de estudio se ubica en la cuenca hidrográfica del río San Juan, la cual pertenece a la cuenca alta del río Mantaro perteneciente a la vertiente del Atlántico.

La cuenca del río San Juan, limita con las cuencas de los ríos Perené, Huallaga y Huaura. Está conformada por diversas subcuencas que alimentan lagunas donde se regulan natural o artificialmente los caudales de escorrentía de las mismas y se adicionan hasta llegar a la sección Huaracaca. Ver Mapa N° 4.

La cuenca del río San Juan tiene en su totalidad un área de 102,020.19 ha y el colector principal tiene una extensión de 64,77 km, y recibe las aguas de los afluentes ríos Macairumi, Pacarpan, Quicay, Píchca Cancha, Gashan, Racurraga, Andascancha y Blanco, para luego desembocar en la laguna Chinchaycocha.

²¹ Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Ampliación de operaciones a 18 000 TMD – Sociedad Minera el Brocal S.A.A. pág. 113.

PLANO N° 5. HIDROLÓGICO



4.1.5. CLIMA ²²

El clima de Cerro de Pasco es frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, la estación lluviosa ocurre entre Noviembre y Abril.

- La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1961-1980) es 12.4°C y -0.6°C, respectivamente.
- La precipitación media acumulada anual para el periodo 1961-1980 es 1182.7 mm.

4.2. BIOLÓGICA

4.2.2. ECOLOGÍA ²³

Según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1995) el área de estudio recae dentro de la Zona de Vida Páramo Muy Húmedo Subalpino Tropical (pmh-SaT) que corresponde a zonas entre los 3900 y 4500 m.s.n.m., de relieve ondulado con presencia de algunas colinas más o menos pronunciadas, de vocación ganadera ya que su vegetación corresponde a pastizales altoandinos (pajonal y césped de puna).

Las especies que componen la zona de vida, se han adaptado para resistir condiciones ambientales de frío intenso y vientos, desarrollando generalmente hábitos desde herbáceos arrosetados al ras del suelo, agrupaciones de hierbas acojinadas o almohadilladas, arbustos, subarbustos y manojos de pastos cortos a medianos. Mayores detalles ver Mapa N° 5.

²² <http://www.met.igp.gob.pe/clima/HTML/cerrodepasco.html>.

²³ Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Ampliación de operaciones a 18 000 TMD – Sociedad Minera el Brocal S.A.A. pág. 113.

PLANO N° 6. MAPA ECOLÓGICO



4.3. DESCRIPCIÓN POBLACIONAL Y DE SERVICIOS BÁSICOS

4.3.2. POBLACIÓN

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el departamento de Pasco para el año 2002 registraba una población de 249,168 habitantes. Con un crecimiento de 1.8% anual en el periodo 2000 – 2002, es importante señalar que la población de la Región contaba con 126,132 varones y 123,036 mujeres.

Según el censo realizado por el INEI en 2007, Cerro de Pasco cuenta con 280,449 habitantes. Desde el punto de vista político administrativo, Pasco está conformado por tres provincias y 28 distritos: la provincia de Pasco cuenta con 13 distritos, Daniel Alcides Carrión 8 distritos y Oxapampa 7 distritos. En el departamento de existe una desigual distribución de población de sus provincias, que es resultado del crecimiento poblacional diferenciado entre ellas. Ver cuadro N° 4.

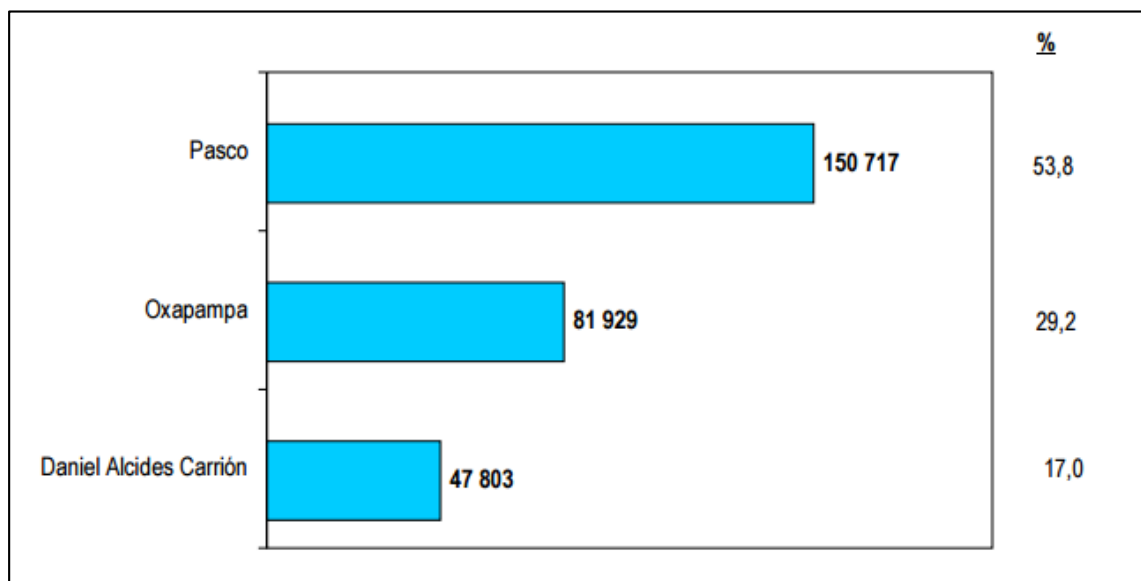
Según el Censo de población del 2007, las provincias, en orden de mayor a menor volumen poblacional son: Pasco con 150 mil 717 habitantes (53,8%), Oxapampa 81 mil 929 habitantes (29,2%) y Daniel Alcides Carrión 47 mil 803 habitantes (17,0%).

CUADRO N° 2. PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE PASCO

PROVINCIA	DISTRITO
➤ PASCO	<ul style="list-style-type: none"> - Dist. Chaupimarca - Dist. Huachón - Dist. Huariaca - Dist. Huayllay - Dist. Ninacaca - Dist. Pallanchacra - Dist. Paucartambo - Dist. S.F.A. Yarusyacan - Dist. Tielacayan - Dist. Tinyahuarco - Dist. Vicco - Dist. Yanacancha - Dist. Simón Bolívar
➤ DANIEL CARRIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Dist. Vilcabamba - Dist. Tapuc - Dist. Santa Ana de Tusi - Dist. S.P. de Pillao - Dist. Paucar - Dist. Goyllarisquizga - Dist. Yanahuanca
➤ OXAPAMPA	<ul style="list-style-type: none"> - Dist. Oxapampa - Dist. Chontabamba - Dist. Huancabamba - Dist. Palcazo - Dist. Pozuzo - Dist. Pto. Bermúdez - Dist. Villa Rica

Fuente: Propia

GRÁFICO N° 3. PASCO: POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN PROVINCIA, 2007



Fuente: INEI – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

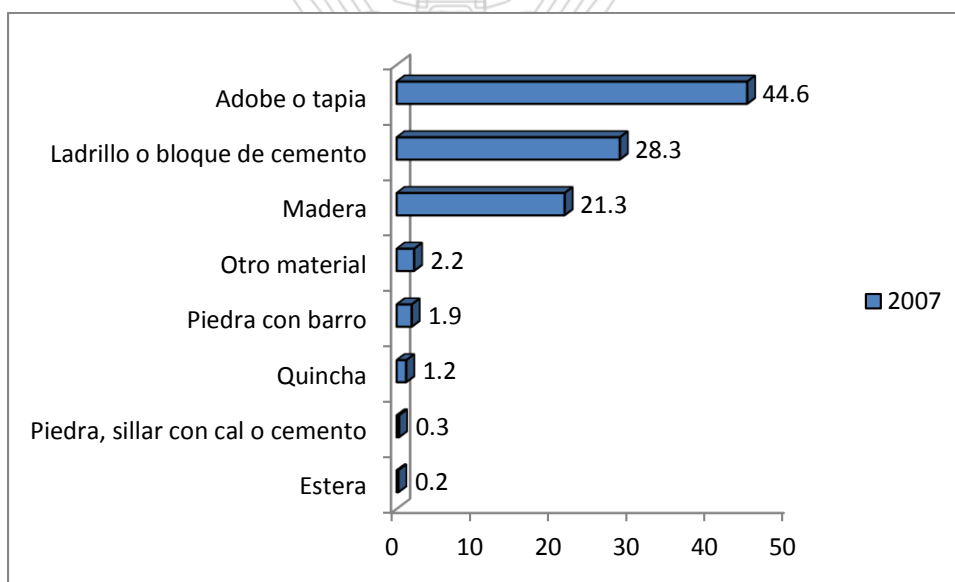
El resultado del censo 2007 evidencian que de las tres provincias de Pasco, las que tienen mayor volumen de población son: Pasco que representa un 53,8% y Oxapampa con un 29,2%; y la provincia de Daniel Alcides Carrión tiene menor volumen poblacional con un 17,0%. Ver gráfico N° 3.

4.3.3. VIVIENDA

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el censo del 2007 capta información sobre los materiales predominantes en la construcción de las viviendas. Del total de viviendas ocupantes presentes que suman 64 mil 782 viviendas, se destaca que 28 mil 923 tienen como material predominante en las paredes exteriores adobe o tapia, lo que representa el 44,6%; asimismo, 18 mil 310 viviendas tienen como material predominante ladrillo o bloque de cemento (28,3%). Similarmente, 13 mil 772

viviendas tienen como material predominante madera, lo que representa el 21,3%. En menores proporciones están las viviendas que tienen como material en las paredes exteriores, piedra con barro (1,9%), quincha (1,2%), piedra, sillar con cal o cemento (0,3%), estera (0,2%) y otro material (2,2%). Ver gráfico N° 4.

GRÁFICO N° 4. TIPOS DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

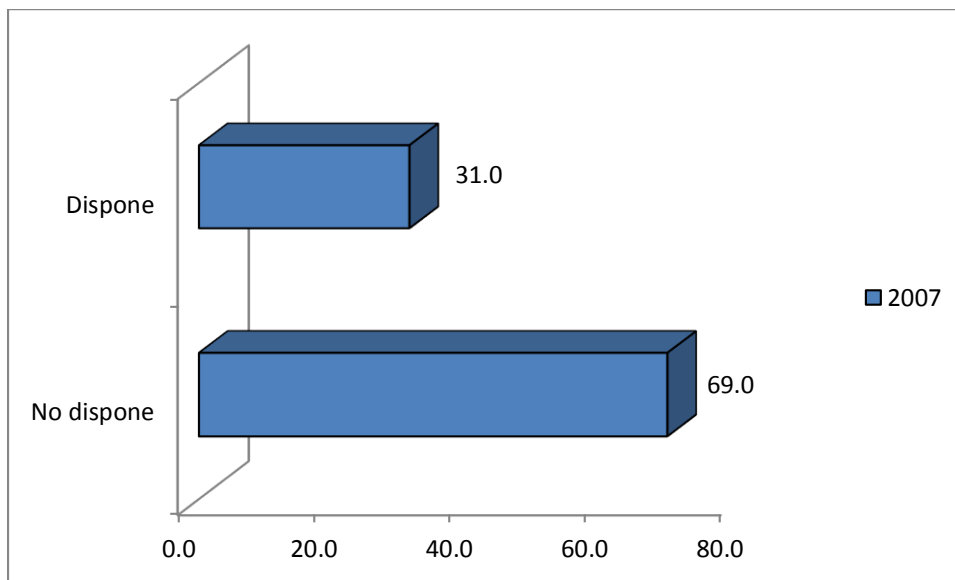


Fuente: INEI – Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática, respecto a los servicios básicos, el número de viviendas es de 44 mil 673 que disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública, mientras que 20 mil 109 viviendas aún no disponen de este servicio. En cifras relativas, el 69,0% de las viviendas dispone de este servicio, que representa un crecimiento en relación con 1993, que fue de 45,6%. En cambio, las viviendas que no disponen del servicio de alumbrado eléctrico han disminuido de 54,4%

en 1993 a 31,0% en el 2007, lo que en cifras absolutas equivale a 5 mil 334 viviendas beneficiadas con este servicio. Ver gráfico N° 5.

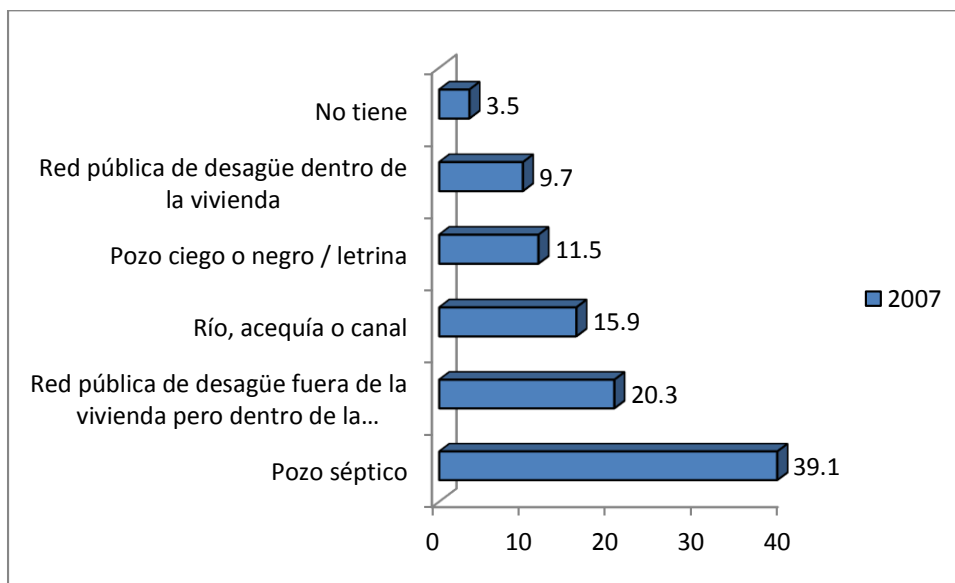
GRÁFICO N° 5. SERVICIOS BÁSICOS DE ALUMBRADO



Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007.

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática, menos de la mitad de viviendas (20,3%) disponen de servicio higiénico conectado a la red pública de desagüe dentro de la vivienda, sin embargo existe un porcentaje de las viviendas (39,1%) que no cuenta con estos, un 15,9% de las viviendas disponen de pozo ciego o negro / letrina. Las viviendas que disponen de red pública de desagüe fuera de la vivienda pero dentro de la edificación representan a un 9,7% de las viviendas. Ver gráfico N° 6.

GRÁFICO N° 6. TIPOS DE SERVICIO HIGIÉNICO

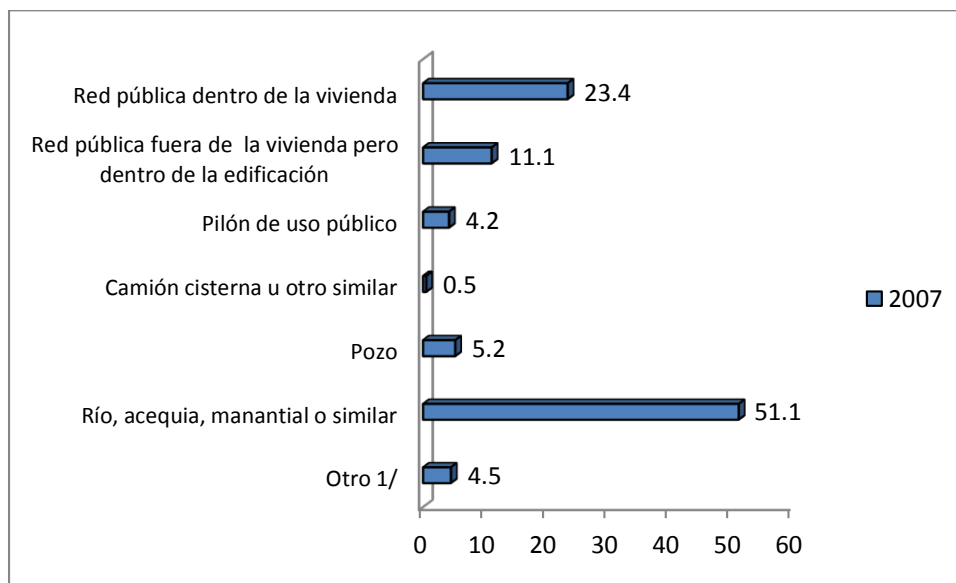


Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007.

4.3.4. AGUA

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el abastecimiento del agua en Pasco se realiza a través de una red pública dentro de la vivienda es de un 35,1%, un 19,7% de una red pública fuera de la vivienda, un 35,0% se abastece de ríos, acequias, manantiales o similares, un 8,7% se abastece de un pilón público, el mismo porcentaje se abastece de un vecino. Ver gráfico N° 7.

GRÁFICO N° 7. TIPOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA



Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007.

4.3.5. RESÍDUOS SÓLIDOS

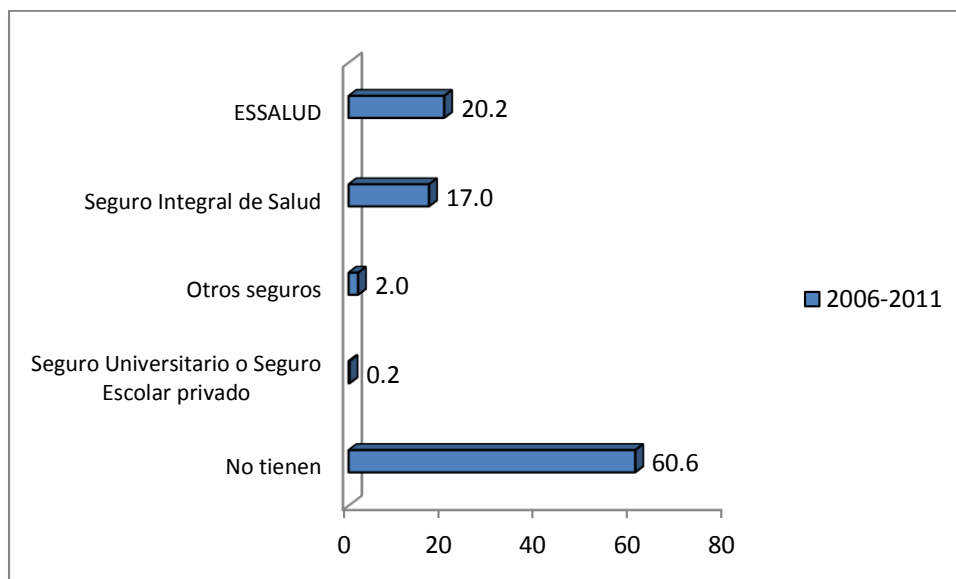
De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática, según la caracterización de residuos sólidos realizada en el año 2008, la producción per cápita es de 0,50 kg; asimismo se obtuvo que los residuos domiciliarios está conformado por materia orgánica, 62,36%, plástico rígido y liviano es el 5,76%, papel y cartones, 4,4%, de metales, 2,2 %, vidrio, 0,05%, textil, 1,65%, huesos 0,12%, madera 1,89%, material inerte como tierra 5,78% y residuos peligrosos 4,89%.

4.3.6. SALUD

En el sector salud el Ministerio de la Salud (MINSA), las personas cuentan con un seguro de salud, de acuerdo con el tipo de seguro de salud al cual se encuentra afiliada la población, indica que el 20,2% se encuentra asegurada únicamente en ESSALUD, seguido de el Seguro Integral de Salud (SIS) con 17,0%, le sigue la población con otros

seguros con 2,0% que agrupa a los que tienen uno de los siguientes seguros: Privado de Salud, de las Fuerzas Armadas y Policiales, Universitario o Seguro Escolar Privado, el 0,2% cuenta con dos seguros de salud (ESSALUD y otro seguro). Ver gráfico N° 8.

GRÁFICO N° 8. HOSPITALES, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2006-2011.

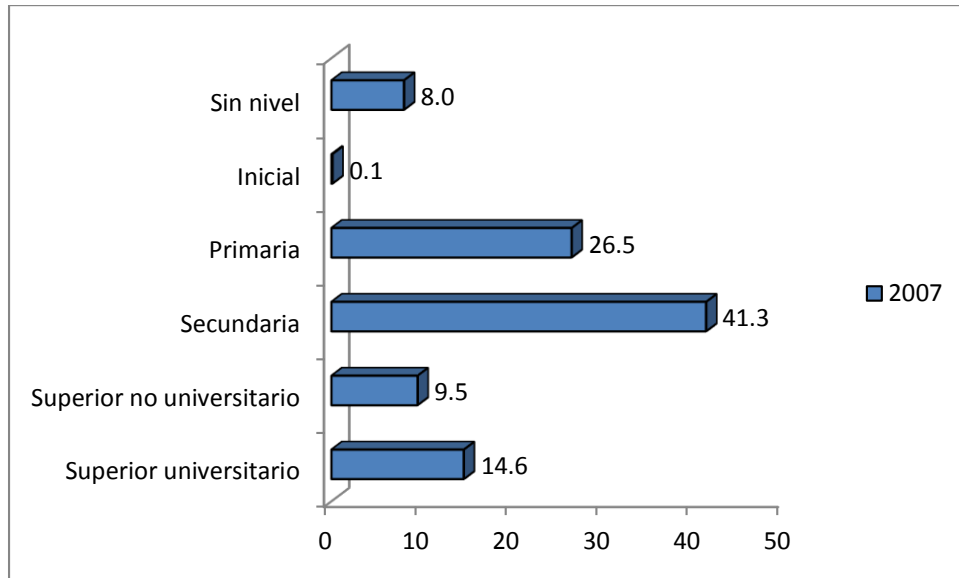


Fuente: Ministerio de la Salud (MINSA) – Oficina General de Estadística e Informática, 2006-2011.

4.3.7. EDUCACIÓN

De acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadística e Informática el 24,1% de la población de 15 y más años de edad, ha logrado estudiar algún año de educación superior (superior no universitaria 9,5% y universitaria 14,6%), lo que equivale en cifras absolutas a 45 mil 238 personas. El 41,3% (77 mil 672) de la población del departamento de Pasco logró estudiar algún año de educación secundaria, los que estudiaron algún año de educación primaria es de 26,5%, la población con educación es de 0,1% y la población sin nivel de educación es de 8,0%. Ver gráfico N° 9.

GRÁFICO N° 9. GRADO DE ESTUDIO DE LA POBLACIÓN



Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007.

4.4. ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS EN LA CUENCA ²⁴

Los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca son los distritos en la cual se concentra la mayor cantidad de la actividad minera en el Río San Juan. Del monitoreo de estas estaciones se deduce que las aguas del Río San Juan viene afectadas por descargas de las minas VOLCAN, AUREX, EL BROCAL y ACTIVOS MINEROS (MEM).

²⁴ Influencia del vertido del efluente líquido de la compañía minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan. Pág. 13 y 14.

4.5. PASIVOS MINEROS ²⁵

En el área del proyecto se encuentra un pasivo ambiental denominado Canchas de Desmonte de restos de Carbón y Escoria de la Ex-Fundición de Tinyahuarco, de la Ex-Cerro de Pasco Mining Corporation (Inventario de Pasivos Ambientales de la Región de Pasco, DGM-MEM 2006) y que no es responsabilidad de Sociedad Minera El Brocal. Esta cancha no cuenta con un sistema de cierre, contiene pirita que se está lixiviando y en la actualidad viene generando drenajes muy ácidos (Estación E-11) que drenan a la quebrada Andascancha y llegan al río San Juan, ocupando un área de 192 ha aproximadamente dentro del territorio de la Sociedad Minera El Brocal. Este pasivo está intensamente erosionado y genera un efluente con pH entre 2 a 3 que recibe la quebrada Andascancha y que se mezcla con las aguas tratadas en la planta de neutralización de Sociedad Minera El Brocal que tiene valores de pH entre 8 a 11, como resultado de esta mezcla se neutraliza en parte los efluentes del pasivo, haciendo que la descarga de la quebrada Andascancha al río San Juan tenga un pH de 4 a 5. Sociedad Minera El Brocal viene monitoreando esta descarga en la Estación E-11 junto a los puntos de monitoreo establecidos por Sociedad Minera El Brocal.

En cuanto a las concentraciones metálicas, como plomo, hierro y otros exceden los límites máximos permisibles establecidos de la R.M. 011-96-EM.

²⁵ Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Ampliación de operaciones a 18 000 TMD – Sociedad Minera el Brocal S.A.A. pág. 129-131.

También se encontró un pasivo ambiental en la quebrada Quiulacocha, denominada Relavera Quiulacocha correspondiente a la empresa minera Centro del Perú (Activos mineros S.A.C.). la descarga contaminante potencial son las escorrentías y filtraciones en la pared captadas, acumuladas y enviadas a la relavera Ocroyoc. Posibles filtraciones al agua subterránea.²⁶ .Para mayor detalle ver el Mapa N° 6.

CUADRO N° 5. ESTACIÓN DE MONITOREO DE EFLUENTE (PASIVO AMBIENTAL)

Código de Estación	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Descripción
	Norte	Este		
E - 11	8 805 790	360 242	4 131	Quebrada Andascancha (mezcla de aguas tratadas en planta de neutralización y drenajes de pasivo ambiental). Antes de su confluencia con el Río San Juan.

Fuente: SVS Ingenieros S.A.C. 2011. Programa de Monitoreo SMEB.

CUADRO N° 6. ESTACIÓN DE MONITOREO RELAVE QUIULACOCHA (PASIVO AMBIENTAL)

N°	LOCALIZACIÓN UTM (WGS 84) ZONA 18		DESCRIPCIÓN
	Norte	Este	
1.	8816936	359212	Río Ragre, desde el depósito de relaves Quiulacocha hasta la unión con el río San Juan.

Fuente: Ministerio del Ambiente. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Dirección de Supervisión. Informe N° 045-2008-MEM-DGM/DTM. Pág. 5.

²⁶ Ministerio del Ambiente. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Dirección de Supervisión. Informe N° 045-2008-MEM-DGM/DTM. Pág. 5.

PLANO N° 7. IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS MINEROS



CAPÍTULO V: RESULTADOS

La evaluación de la calidad de agua se realizó en función al Estándar de Calidad Ambiental para agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM, que fueron importantes para la determinación de los resultados.

Para poder realizar la evaluación de la calidad del agua del río San Juan, se tuvo que recurrir a la información del Programa de Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos en el río San Juan y principales tributarios de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), institución la cual desde el año 2001 brinda la información de los resultados de los monitoreos de calidad de agua del río San Juan y sus tributarios. Los monitoreos de calidad de agua son realizados con una frecuencia mensual, y respetando los lineamientos indicado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales elaborado por la institución en mención. Considerando que la principal actividad con potencial a generar contaminación en el recurso hídrico de la zona es la minería, se consideraron tomar muestras de agua para analizar concentraciones de metales pesados como el cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc y arsénico. Así también, se consideraron tomar muestras de elementos microbiológicos como las Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales por la presencia de centros poblados en la zona, y muestras para analizar el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, cianuro WAD.

Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio de DIGESA desde el periodo 2001 al 2011, con la finalidad de compartir el objetivo de realizar actividades destinadas

a reducir los niveles de contaminación del río San Juan, donde la institución DIGESA se responsabiliza de los análisis de metales pesados, fisicoquímicos, microbiológicos y de los parámetros de campo.

Los puntos de monitoreo considerados para la presente investigación, son los puntos de monitoreo que la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) consideró dentro de su Programa de Nacional de Vigilancia de la calidad de los Recursos Hídricos en el río San Juan y principales tributarios. En la ubicación de los puntos de monitoreo se tuvieron que utilizar los criterios establecidos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales de la DIGESA. En la presente investigación se trabajó con un total de 6 estaciones de monitoreo las cuales fueron codificadas por la DIGESA como estación M-01, M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06 (ver capítulo III). En cada estación de monitoreo se obtuvieron muestras de agua que luego fueron analizadas en el laboratorio de DIGESA para hallar la concentración de elementos contaminantes del agua los cuales se han clasificado en elementos metálicos (Cadmio, cobre, plomo, zinc, hierro, manganeso, arsénico y níquel), elementos microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales) y elementos físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas y cianuro WAD). A partir de los resultados del análisis de los elementos mencionados líneas arriba, se pudieron construir los cuadros del N°7 al N°18 y las gráficas del N°10 al N°17 con la finalidad de poder analizar la variación de las concentraciones de estos elementos durante los años 2001 al 2011 y como parte de la investigación 2014. Cabe mencionar que el monitoreo realizado en el 2014 se analizó en un laboratorio acreditado ante INDECOPI ahora llamado INACAL. A su vez mencionar

que no de todos los años se obtuvo información de todos estos elementos, pues algunos de ellos no se monitorearon desde el año 2001 sino, como es el caso del arsénico, y en el caso del níquel desde el año 2002.

5.1.0. METALES

5.1.1. METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA


Estos valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, desde el año 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2014, se determinaron los promedios de las concentraciones de metales pesados en temporada de avenida (de noviembre a abril), para luego ser comparado con los valores que han sido establecidos como norma en el acuerdo al D.S. N° 002-2008-MINAM. ECA. Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, los cuales se presentan en los cuadros N°7 al N°18. Asimismo, en base a estos resultados se elaboraron gráficas las cuales ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los metales pesados a lo largo de los años estudiados.

CUADRO N° 73. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2001

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Níquel	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,2	0,05	24
M-01	0,170	<0,010	0,011	0,402	0,015	<0,020	<0,025	0,048
M-02	0,080	<0,010	0,200	0,155	<0,025	0,015	<0,025	<0,038
M-03	0,530	0,084	2,696	180,000	27,000	0,036	2,026	31,170
M-04	0,066	0,012	0,367	12,820	2,950	0,010	0,176	3,841
M-05	0,390	0,032	0,860	12,150	1,385	0,047	0,729	10,816
M-06	0,080	0,017	0,138	22,000	1,485	0,010	0,470	1,802

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 8. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2002

	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	<0,010	0,005	0,190	0,030	0,054	<0,038
M-02	<0,010	0,007	0,405	0,027	0,054	0,075
M-03	0,046	1,463	45,250	27,625	0,616	33,250
M-04	0,018	0,133	8,675	13,125	0,116	4,850
M-05	0,019	0,828	29,125	2,575	0,103	9,238
M-06	<0,010	0,058	2,150	0,301	0,552	0,688

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 4. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2003

	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,2	1	0,2	0,05
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,5	1	0,2	0,05
M-01	0,010	0,132	<0,025	<0,025
M-02	0,010	0,157	<0,025	<0,025
M-03	2,020	51,250	17,250	1,637
M-04	0,640	17,213	6,400	0,960
M-05	1,490	113,625	7,375	3,154
M-06	0,230	11,575	1,763	1,155

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 5. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2004

	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	<0,010	<0,005	0,170	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	<0,010	<0,005	0,290	<0,025	<0,025	<0,038
M-03	0,028	1,300	45,000	13,900	1,442	10,625
M-04	0,015	0,450	520,000	4,650	1,029	3,950
M-05	0,012	0,650	372,500	2,763	0,034	5,200
M-06	<0,010	0,300	2,750	1,200	0,034	0,875

Fuente: Elaboración propia



Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 6. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2005

	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	<0,010	0,005	0,390	0,057	0,039	<0,038
M-02	<0,010	0,540	0,310	0,031	0,057	<0,038
M-03	<0,010	0,775	55,210	30,533	3,081	15,340
M-04	<0,010	0,417	27,720	15,800	0,922	7,982
M-05	<0,010	1,011	23,410	3,397	0,158	6,204
M-06	<0,010	0,740	28,190	9,942	0,269	8,455

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 7. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2006

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	<0,010	<0,005	0,191	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	---	<0,010	<0,005	0,291	0,039	0,03	<0,038
M-03	0,123	0,041	1,959	39,253	17,163	0,993	10,69
M-04	0,035	<0,010	0,361	8,096	2,759	0,196	1,528
M-05	---	0,027	0,787	23,567	2,952	0,122	5,843
M-06	---	0,021	0,12	10,495	6,223	0,094	3,453

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 


CUADRO N° 13. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2007

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	0,005	<0,010	<0,005	0,200	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	0,002	<0,010	0,005	0,240	<0,025	<0,025	<0,038
M-03	0,162	0,040	1,912	50,330	21,350	1,907	15,692
M-04	0,038	0,019	0,237	195,460	6,130	0,428	3,371
M-05	---	0,021	1,613	21,490	2,515	0,423	6,681
M-06	---	<0,010	0,262	9,050	2,956	0,235	1,375

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 14. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2008

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	0,012	0,017	0,220	0,034	0,047	0,051
M-02	---	0,011	0,022	0,200	0,021	0,046	0,061
M-03	0,086	0,026	0,944	15,030	23,712	0,334	6,066
M-04	0,069	0,016	0,713	11,830	8,505	0,375	3,332
M-05	0,018	0,025	1,875	30,350	3,239	0,152	14,177
M-06	0,034	0,016	0,222	2,980	2,603	0,095	1,145

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 


CUADRO N° 15. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2009

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	<0,010	<0,005	0,200	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	---	<0,010	<0,005	0,230	<0,025	0,026	<0,038
M-03	0,052	0,035	1,679	18,660	27,995	0,761	13,483
M-04	0,019	0,011	0,402	6,740	5,213	0,258	2,343
M-05	---	0,042	2,587	22,010	3,265	0,152	18,680
M-06	---	<0,010	0,142	3,680	1,809	0,128	1,229

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 16. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2010

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	<0,010	<0,010	0,190	0,015	0,041	<0,011
M-02	---	<0,010	<0,010	0,230	0,027	<0,025	0,014
M-03	0,006	0,052	0,866	67,430	50,480	2,705	24,517
M-04	0,037	0,012	0,120	6,610	9,630	0,127	3,667
M-05	0,031	0,126	8,021	76,990	9,473	0,193	64,320
M-06	---	0,011	0,287	9,470	3,727	0,161	2,380

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 17. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2011

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	0,003	< 0,010	< 0,010	0,214	0,020	< 0,025	0,012
M-02	0,004	< 0,010	< 0,010	0,225	0,020	< 0,025	0,019
M-03	0,465	0,051	1,210	71,743	22,540	2,128	20,678
M-04	0,082	0,017	0,410	8,563	3,150	0,247	2,415
M-05	0,102	0,037	3,400	21,188	2,820	0,123	10,723
M-06	0,065	0,052	0,540	12,810	2,160	0,133	3,163

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 18. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2014

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Níquel	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,2	0,05	24
M-01	< 0,008	< 0,0004	0,013	0,267	0,045	0,004	< 0,001	0,056
M-02	0,043	0,0041	0,146	8,71	3,145	0,006	0,055	2,681
M-03	0,026	< 0,0004	0,756	1,257	2,998	0,012	0,067	0,634
M-04	0,043	< 0,0004	3,669	6,496	1,266	0,007	0,083	1,973
M-05	< 0,008	< 0,0004	0,822	4,351	1,538	0,005	0,048	0,637
M-06	0,037	< 0,0004	0,812	4,769	1,444	0,006	0,091	0,738

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

▪ **VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

A partir de la información presentada en los cuadros del N° 14 al 25, se elaboraron las siguientes gráficas, las cuales ilustran cómo ha ido variando la concentración de los metales pesados entre los años 2001 al 2011 y 2014. Cabe mencionar que para la elaboración de las siguientes gráficas correspondientes a los metales pesados con concentraciones que superan el ECA al menos una estación de monitoreo, así también se consideró trabajar con los metales pesados de los cuales se tenía información de más de 11 años para poder visualizar mejor la variación de la concentración en el tiempo. Ver gráficas N° 10 - 17.

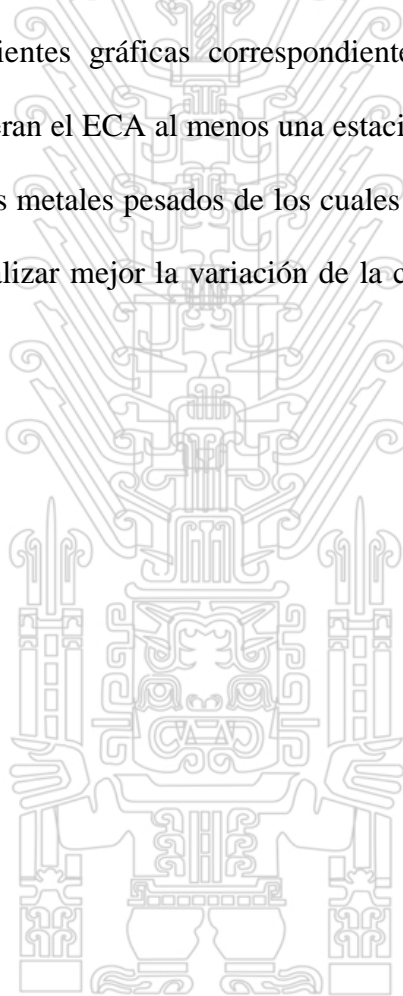
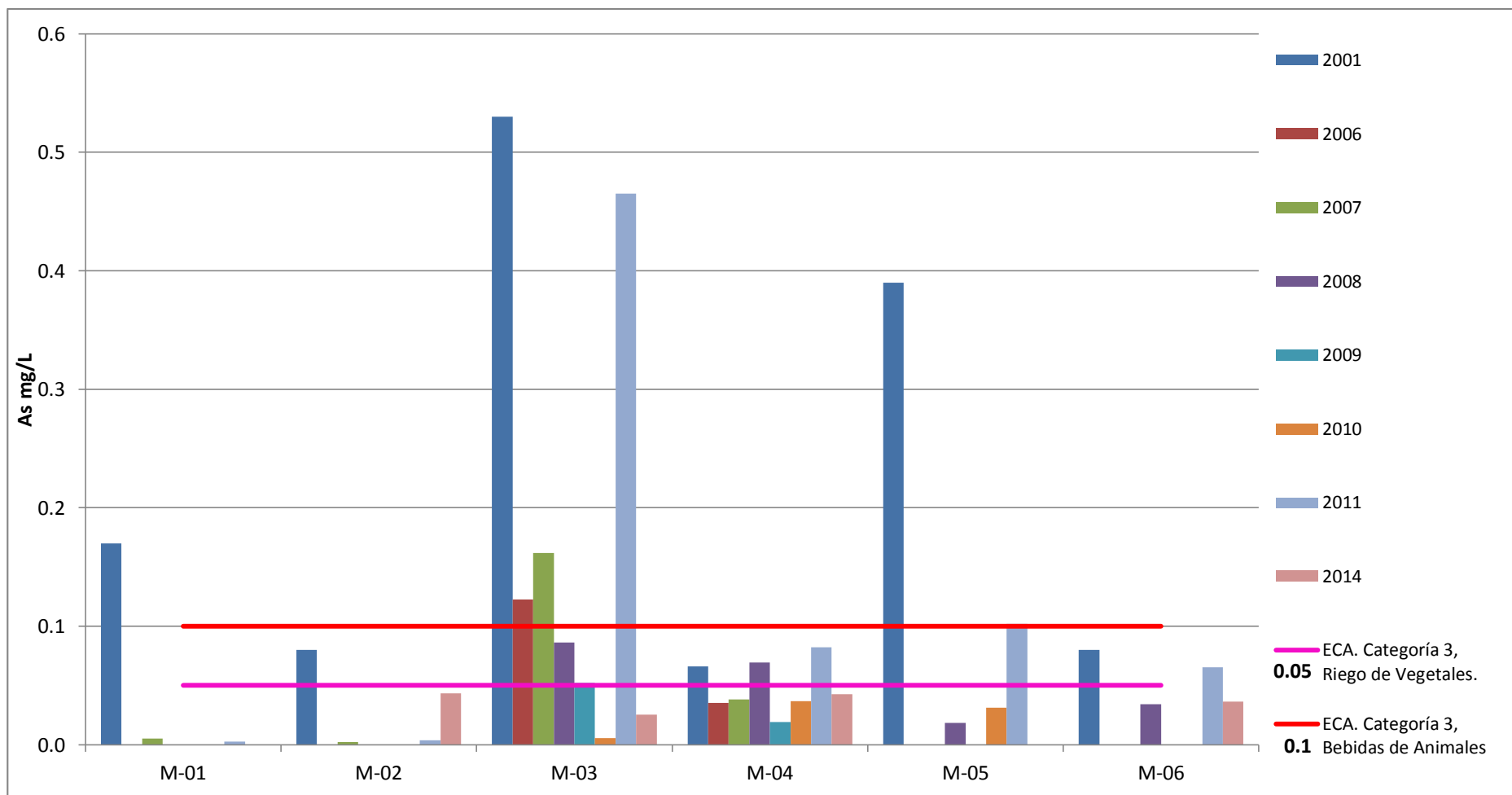
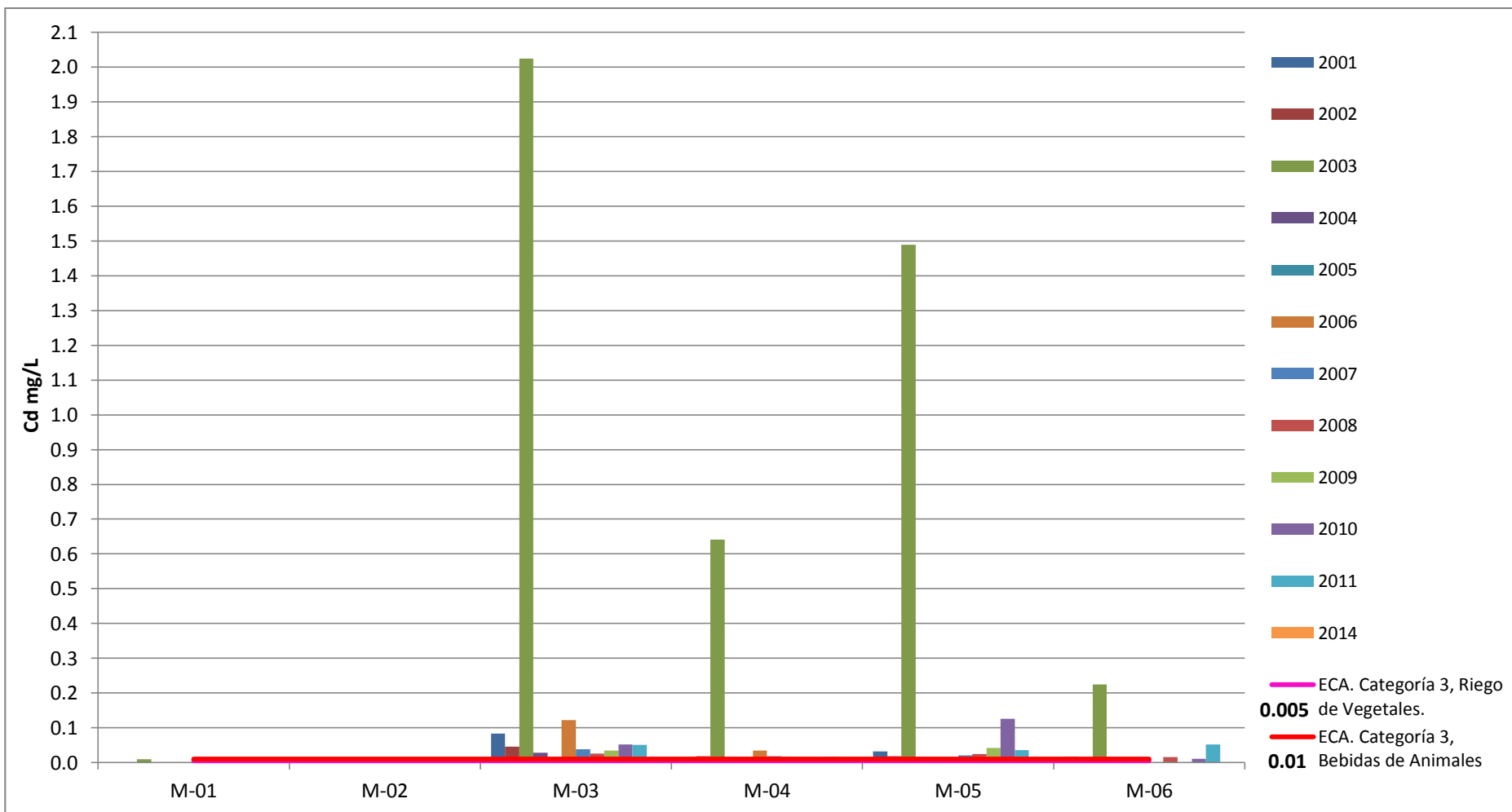


GRÁFICO N° 1. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN AVENIDA



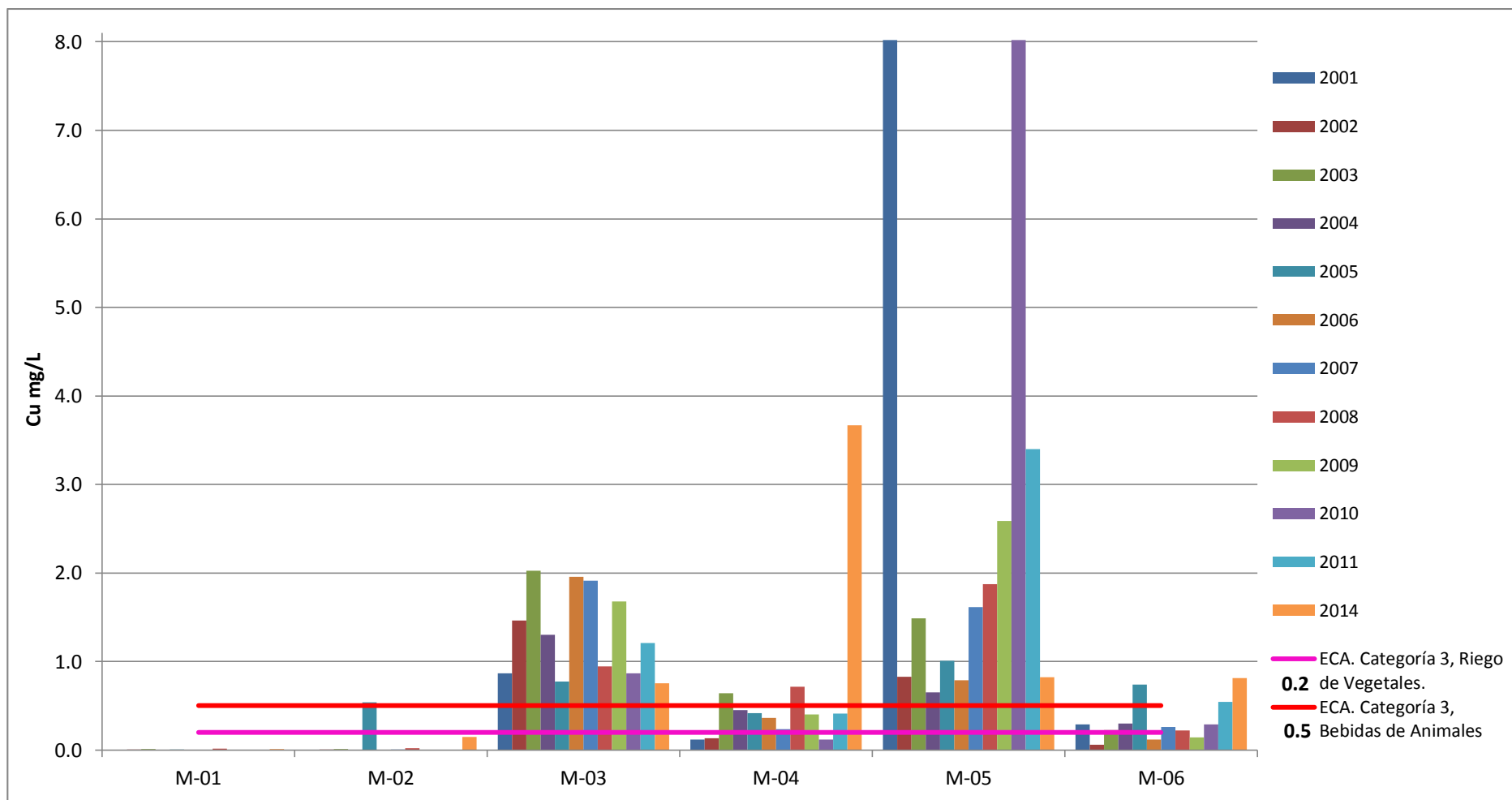
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 2. VARIACIÓN DE CADMIO EN AVENIDA



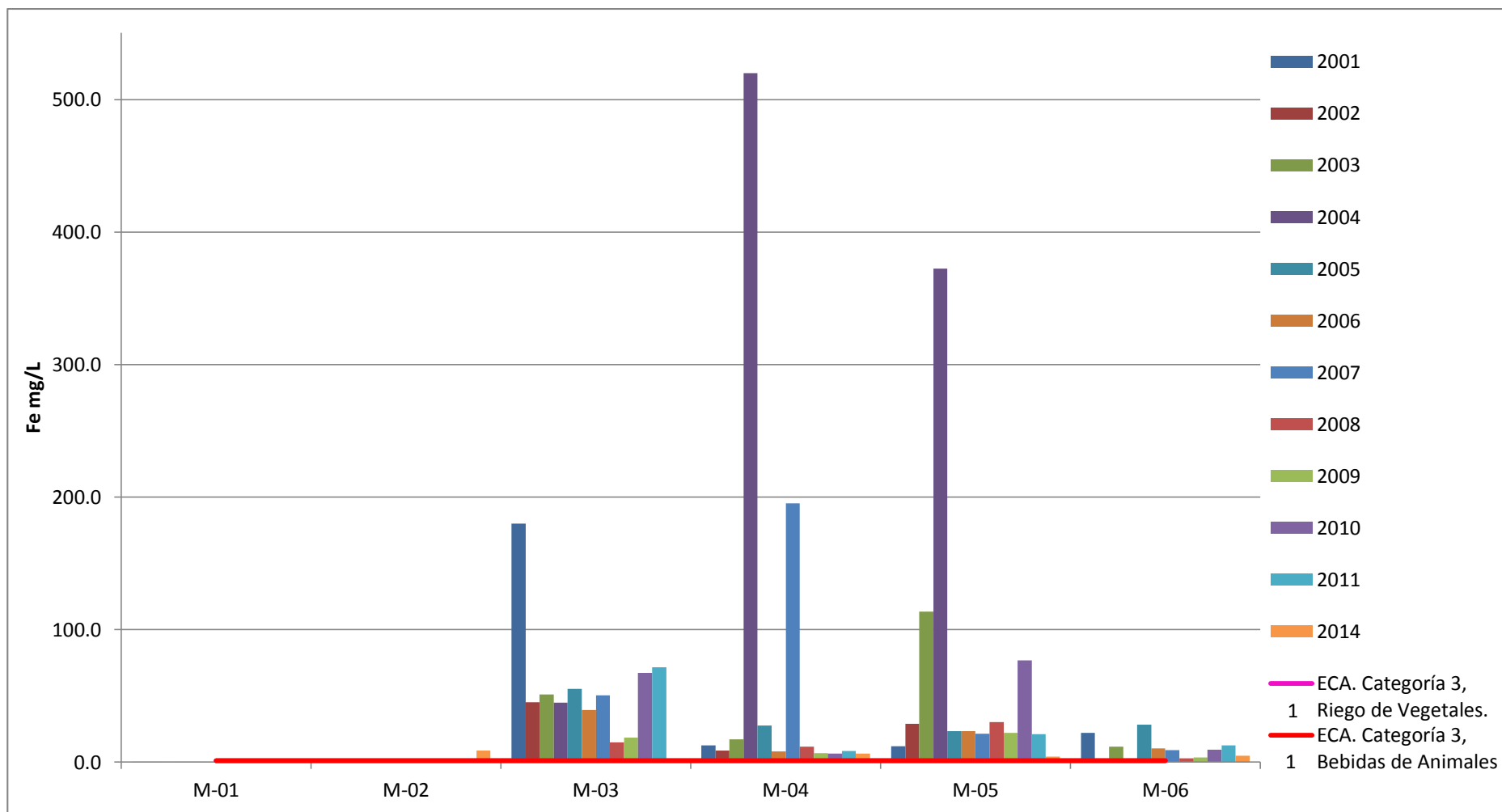
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 3. VARIACIÓN DE COBRE EN AVENIDA



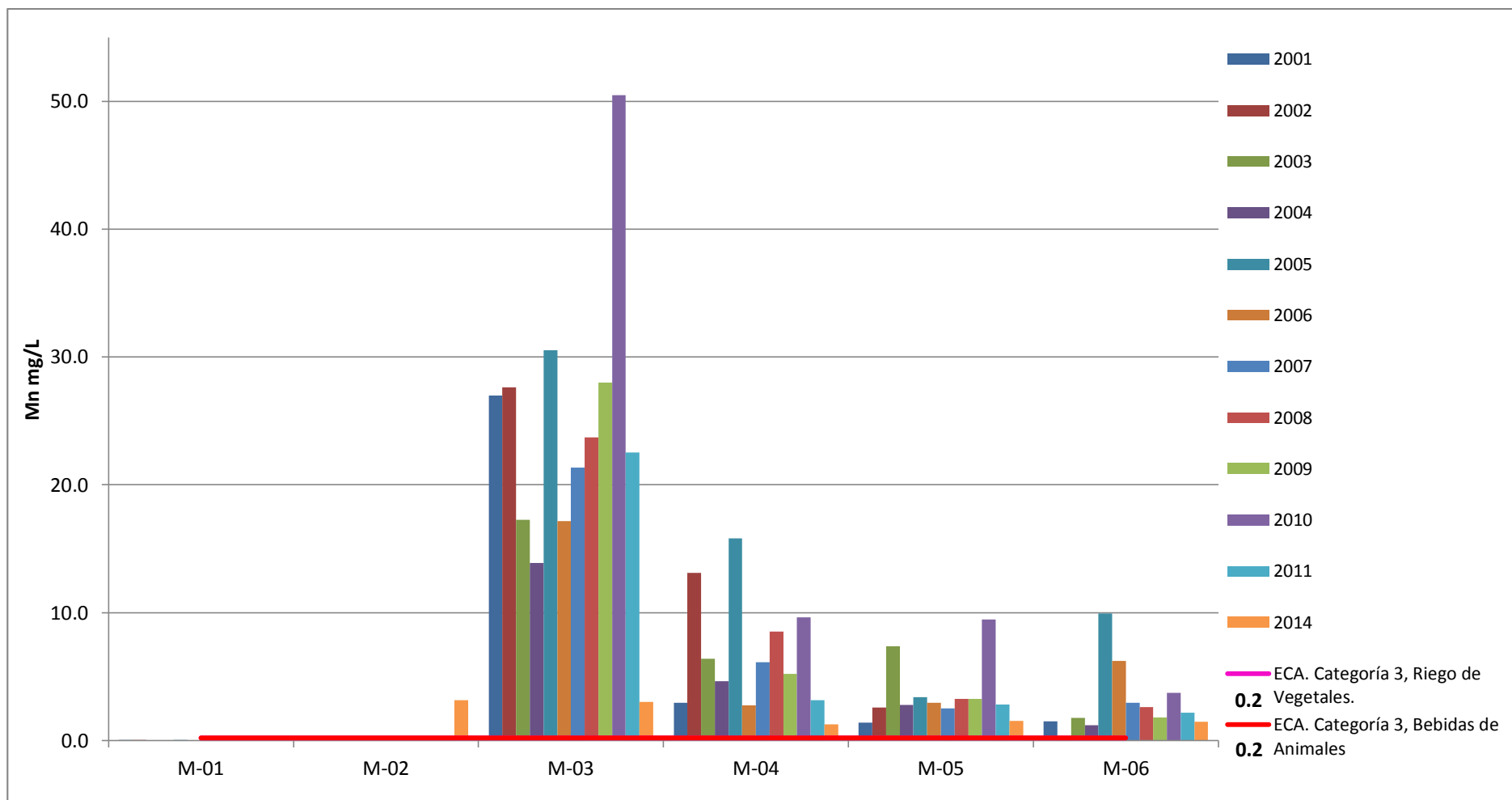
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 4. VARIACIÓN DE HIERRO EN AVENIDA



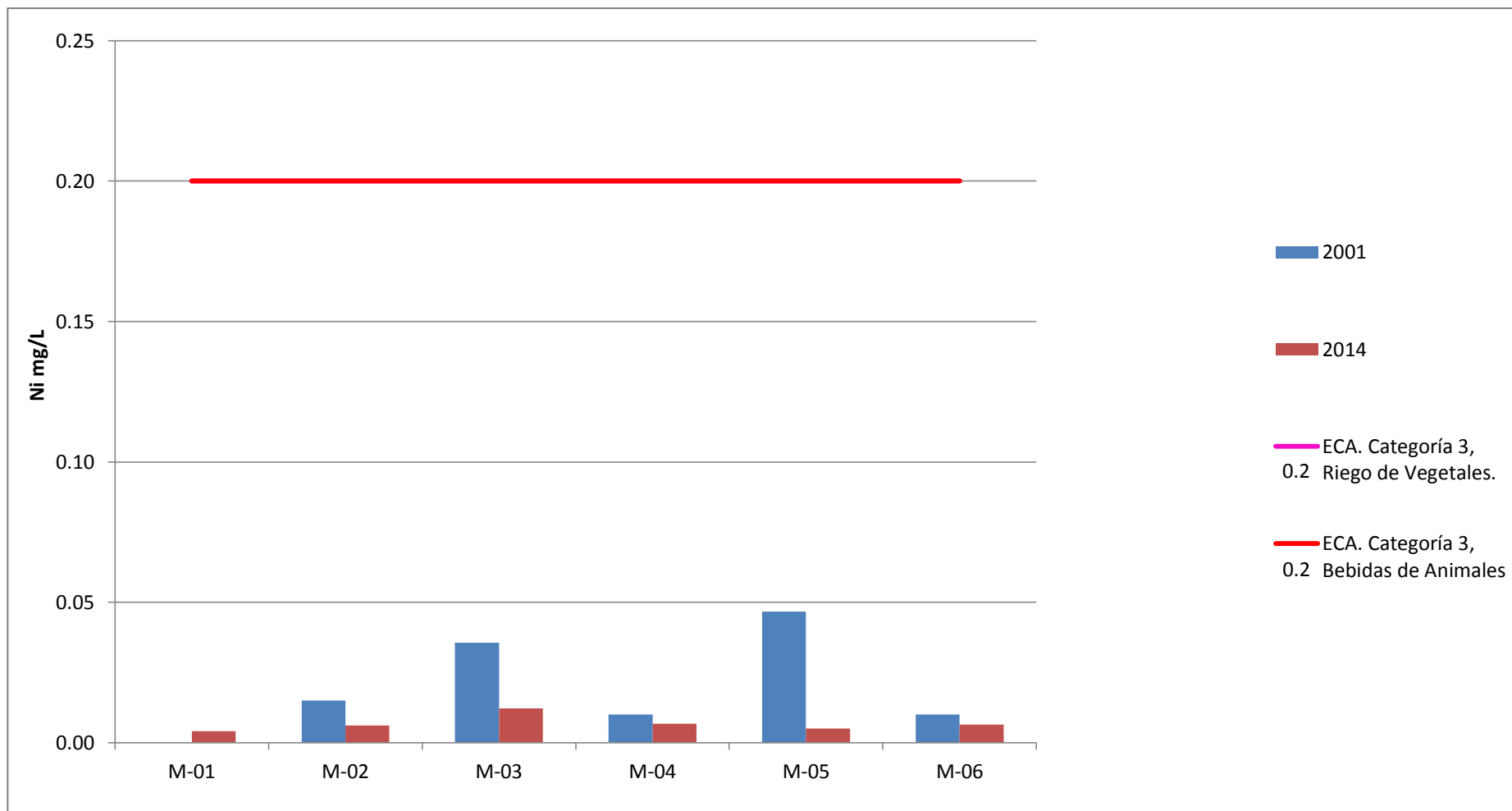
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 14. VARIACIÓN DE MANGANESO EN AVENIDA



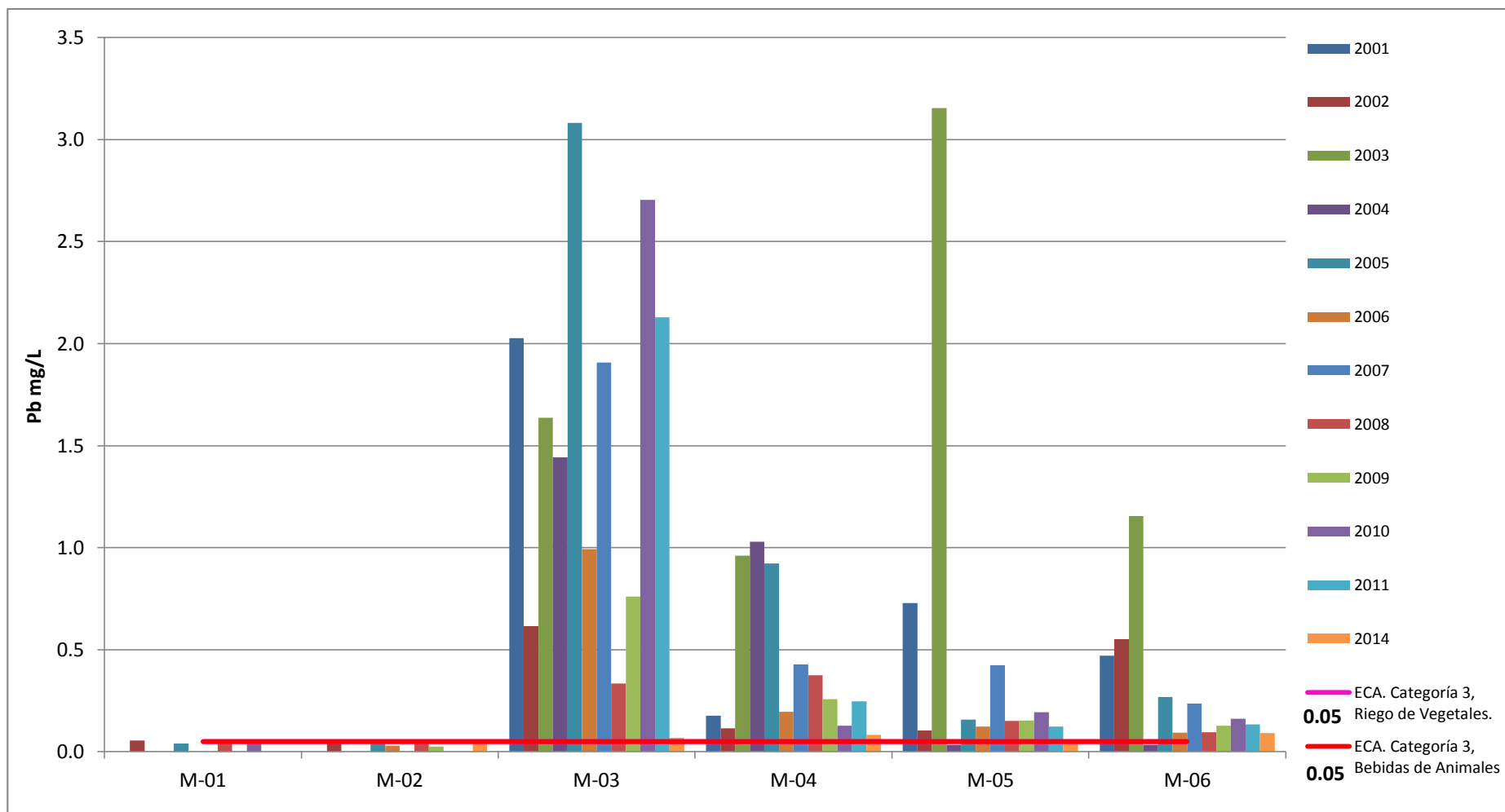
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 15. VARIACIÓN DE NÍQUEL EN AVENIDA



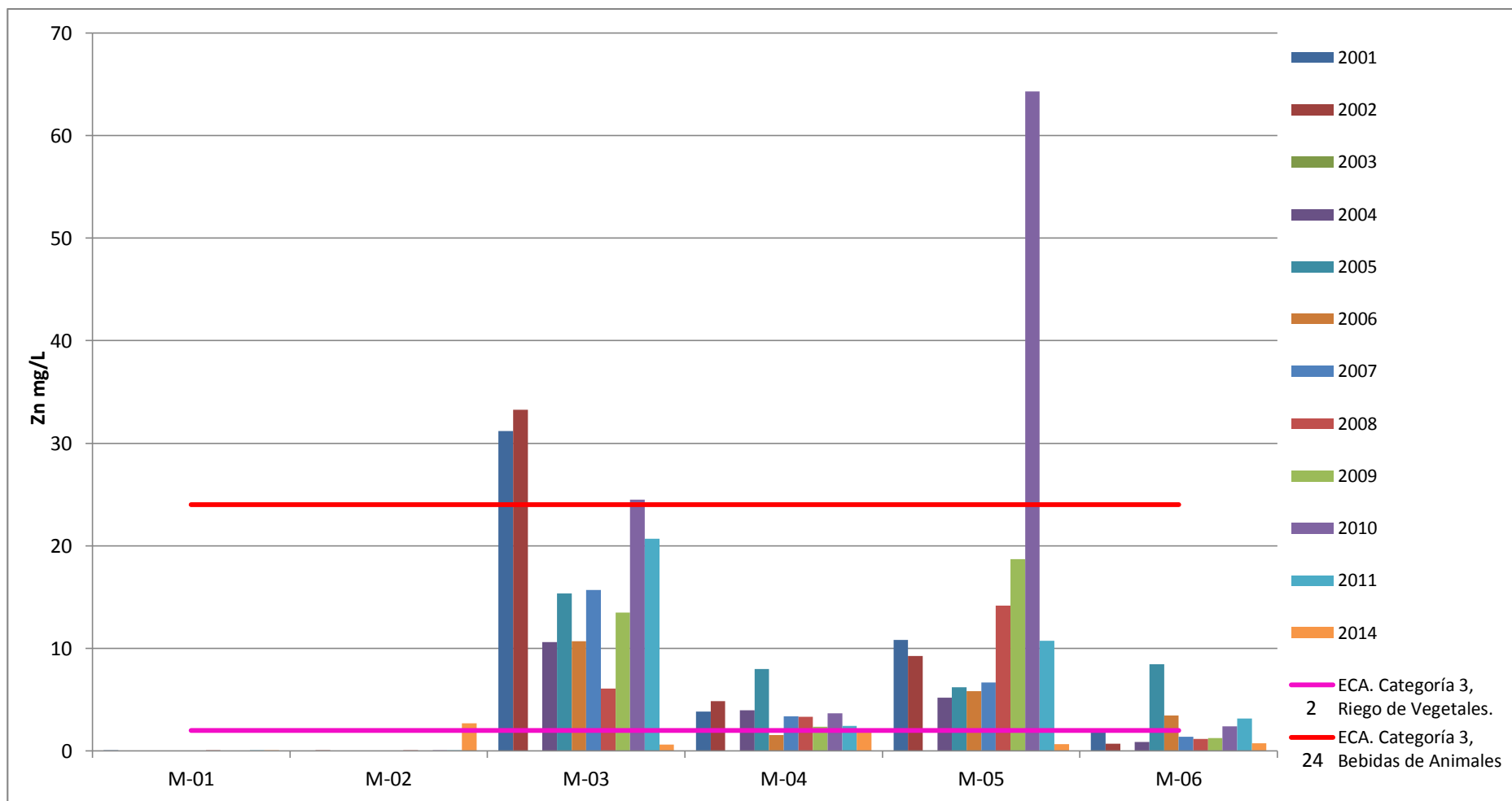
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 16. VARIACIÓN DE PLOMO EN AVENIDA



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5. VARIACIÓN DE ZINC EN AVENIDA



Fuente: Elaboración propia

5.1.2. METALES PESADOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE


Con los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, desde el año 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2014 respectivamente, se calcularon los promedios de las concentraciones de metales pesados en temporada de estiaje (de mayo a octubre), para luego ser comparado con los valores que han sido establecidos como norma en el acuerdo al D.S. N° 002-2008-MINAM. ECA. Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, los cuales se presentan en los cuadros N°19 al N° 29. Asimismo, en base a estos resultados se elaboraron gráficas las cuales ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los metales pesados a lo largo de los años.

CUADRO N° 19. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2001

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Níquel	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,2	0,05	24
M-01	<0,007	<0,010	0,010	0,100	<0,025	<0,020	<0,025	0,040
M-02	<0,007	<0,010	0,010	0,100	0,043	<0,020	<0,025	0,043
M-03	0,201	0,062	1,200	124,300	67,250	<0,020	3,156	46,763
M-04	<0,007	0,032	0,350	41,100	185,125	<0,020	0,232	21,222
M-05	0,016	0,034	1,200	32,600	9,340	0,031	0,105	74,688
M-06	<0,007	0,014	0,090	13,700	12,600	<0,020	0,027	3,937

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 20. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2002

	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,2	1	0,2	0,05
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,5	1	0,2	0,05
M-01	0,010	<0,038	<0,025	<0,025
M-02	0,010	0,060	<0,025	0,568
M-03	1,200	<0,038	87,333	1,341
M-04	0,438	0,060	11,750	0,472
M-05	1,983	60,625	4,483	0,297
M-06	0,334	2,475	2,381	0,093

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 21. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2003

	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,2	1	0,2	0,05
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,5	1	0,2	0,05
M-01	<0,005	0,078	<0,025	<0,025
M-02	<0,005	0,133	<0,025	<0,025
M-03	0,710	13,133	35,200	0,611
M-04	0,320	305,100	27,850	0,194
M-05	1,440	83,166	15,380	0,228
M-06	0,080	1,286	1,620	0,034

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 22. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2004

	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	<0,010	<0,005	0,080	<0,025	<0,025	0,102
M-02	<0,010	0,042	0,900	0,244	0,040	<0,038
M-03	0,034	1,585	14,860	13,828	2,307	4,860
M-04	0,044	1,388	3,110	22,017	0,873	1,352
M-05	0,030	1,655	57,060	9,012	0,337	10,830
M-06	0,012	0,297	1,220	7,753	0,196	0,260

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 23. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2005

	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	<0,005	0,097	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	<0,005	0,224	0,217	<0,025	<0,038
M-03	0,838	16,494	12,988	1,293	6,169
M-04	1,065	25,209	10,806	0,483	5,381
M-05	1,068	47,777	13,5	0,127	43,479
M-06	0,091	1,409	1,807	0,046	1,043

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 


CUADRO N° 24. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2006

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	<0,010	<0,005	0,130	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	---	<0,010	<0,005	0,200	<0,025	<0,025	<0,038
M-03	0,1894	0,0290	1,1330	26,0300	24,2200	0,7270	7,5120
M-04	0,0509	0,0550	0,4540	18,2100	43,1200	0,6280	17,1500
M-05	---	0,0310	2,0770	39,5200	6,7370	0,2230	14,3000
M-06	---	<0,010	0,4820	5,0110	9,4340	0,2730	4,3390

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 25. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2007

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	<0,010	<0,005	0,176	0,027	0,098	<0,038
M-02	0,002	<0,010	<0,005	0,225	0,026	<0,025	<0,038
M-03	0,166	0,029	1,382	38,989	10,774	1,578	11,907
M-04	0,074	0,017	0,999	13,486	7,681	0,571	5,695
M-05	---	0,032	1,33	22,75	5,624	0,186	25,069
M-06	---	<0,010	0,294	3,772	3,277	0,047	1,545

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 


CUADRO N° 26. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2008

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	---	<0,010	<0,005	0,152	<0,025	<0,025	<0,038
M-02	---	<0,010	<0,005	0,184	0,025	<0,025	<0,038
M-03	0,0294	0,026	0,579	20,175	29,09	0,477	10,888
M-04	0,1424	0,031	0,703	18,053	21,813	0,890	6,89
M-05	---	0,019	0,988	19,575	3,980	0,204	14,588
M-06	---	<0,010	0,233	2,371	6,450	0,085	1,828

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 27. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2010

	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	<0,010	<0,010	0,165	<0,013	<0,025	<0,011
M-02	<0,010	<0,010	0,215	0,023	<0,025	<0,011
M-03	0,015	0,435	5,220	19,850	0,171	5,170
M-04	<0,010	0,225	2,670	14,170	0,072	3,430
M-05	<0,010	14,44	88,560	5,500	0,346	34,880
M-06	<0,010	0,687	6,250	2,450	0,043	2,600

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 


Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 28. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2011

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,05	24
M-01	0,003	< 0,010	< 0,010	0,126	< 0,013	< 0,025	< 0,011
M-02	0,005	< 0,010	< 0,010	0,265	0,041	< 0,025	0,012
M-03	0,315	0,030	1,036	99,760	14,307	1,222	15,470
M-04	0,095	0,022	0,521	33,975	9,067	0,174	3,700
M-05	0,054	0,035	1,249	2,370	2,517	0,055	10,877
M-06	0,017	0,013	0,570	3,869	2,623	0,026	3,286

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 29. CONCENTRACIÓN DE METALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2014

	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Manganeso	Níquel	Plomo	Zinc
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	0,05	0,005	0,2	1	0,2	0,2	0,05	2
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	0,1	0,01	0,5	1	0,2	0,2	0,05	24
M-01	0,048	< 0,0004	< 0,0004	0,312	0,169	< 0,0005	< 0,001	< 0,002
M-02	0,274	0,009	0,112	9,209	13,627	0,007	0,463	2,869
M-03	0,258	0,008	0,728	9,152	13,392	0,011	0,137	2,990
M-04	0,246	< 0,0004	1,962	6,491	7,509	0,009	0,072	1,112
M-05	0,110	< 0,0004	0,095	2,953	2,457	0,004	0,027	0,243
M-06	0,081	< 0,0004	0,071	2,503	1,880	0,003	0,026	0,209

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales  y 

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

▪ **VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN
ÉPOCA DE ESTIAJE**

Mediante la información presentada en los cuadros del N°19 al 29, se han elaborado las siguientes gráficas, las cuales ilustran cómo ha ido variando la concentración de los metales pesados entre los años 2001 al 2011 y 2014. Cabe mencionar también que para la elaboración de los gráficos N° 18 al 25, referente a los metales pesados se ha tenido en cuenta concentraciones que superaron el ECA en al menos una estación de monitoreo, así también se consideró trabajar con los metales pesados de los cuales se tenía información de más de 11 años para poder visualizar mejor la variación de la concentración en el tiempo.

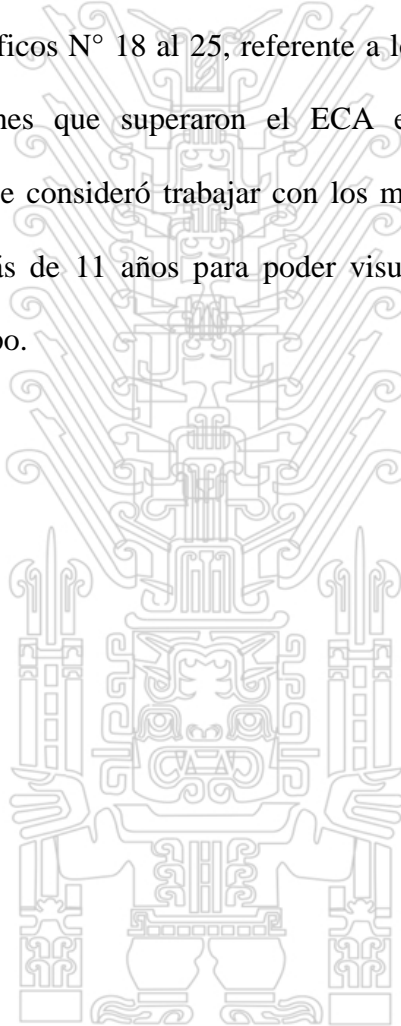
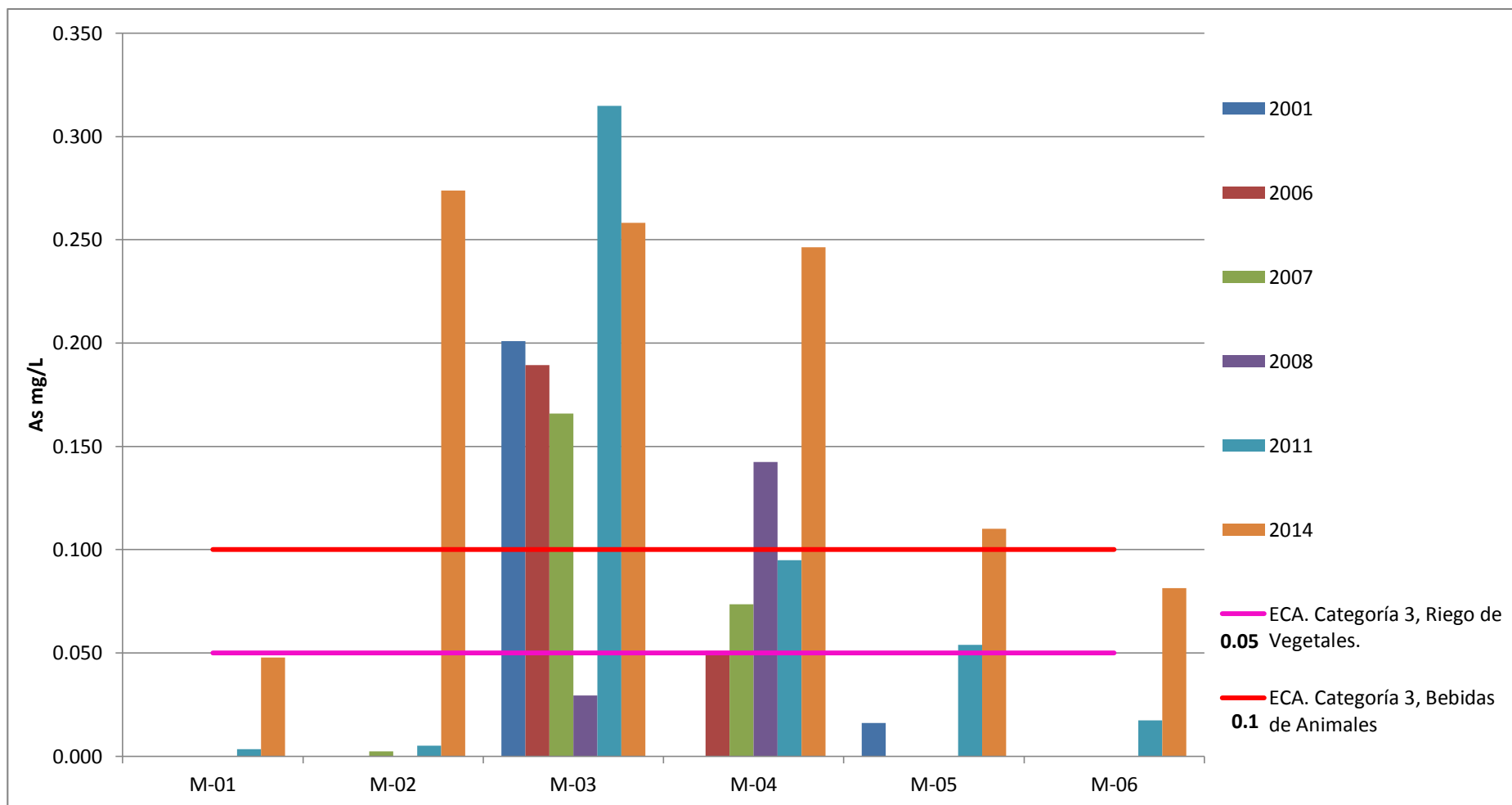
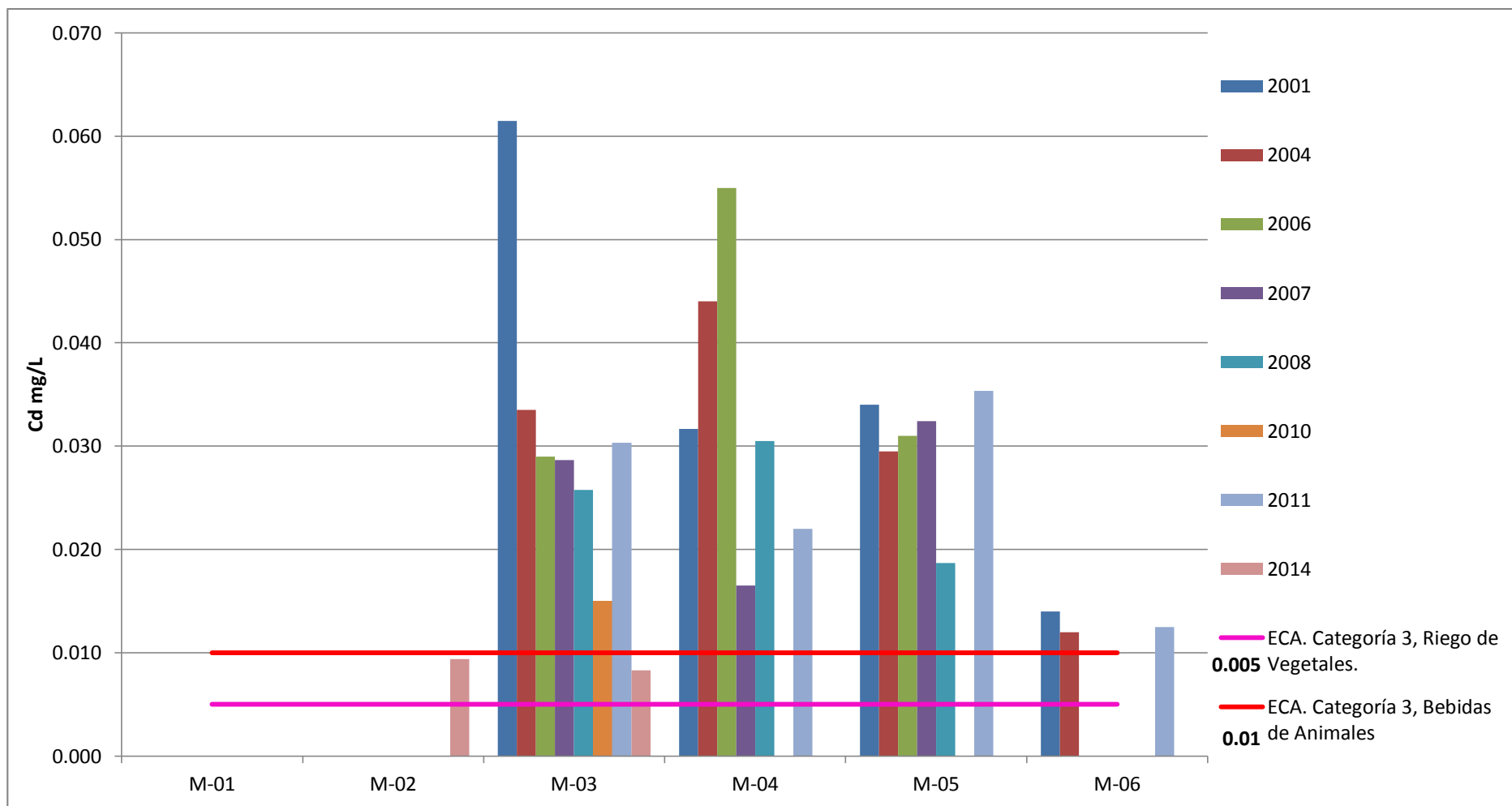


GRÁFICO N° 18. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN ESTIAJE



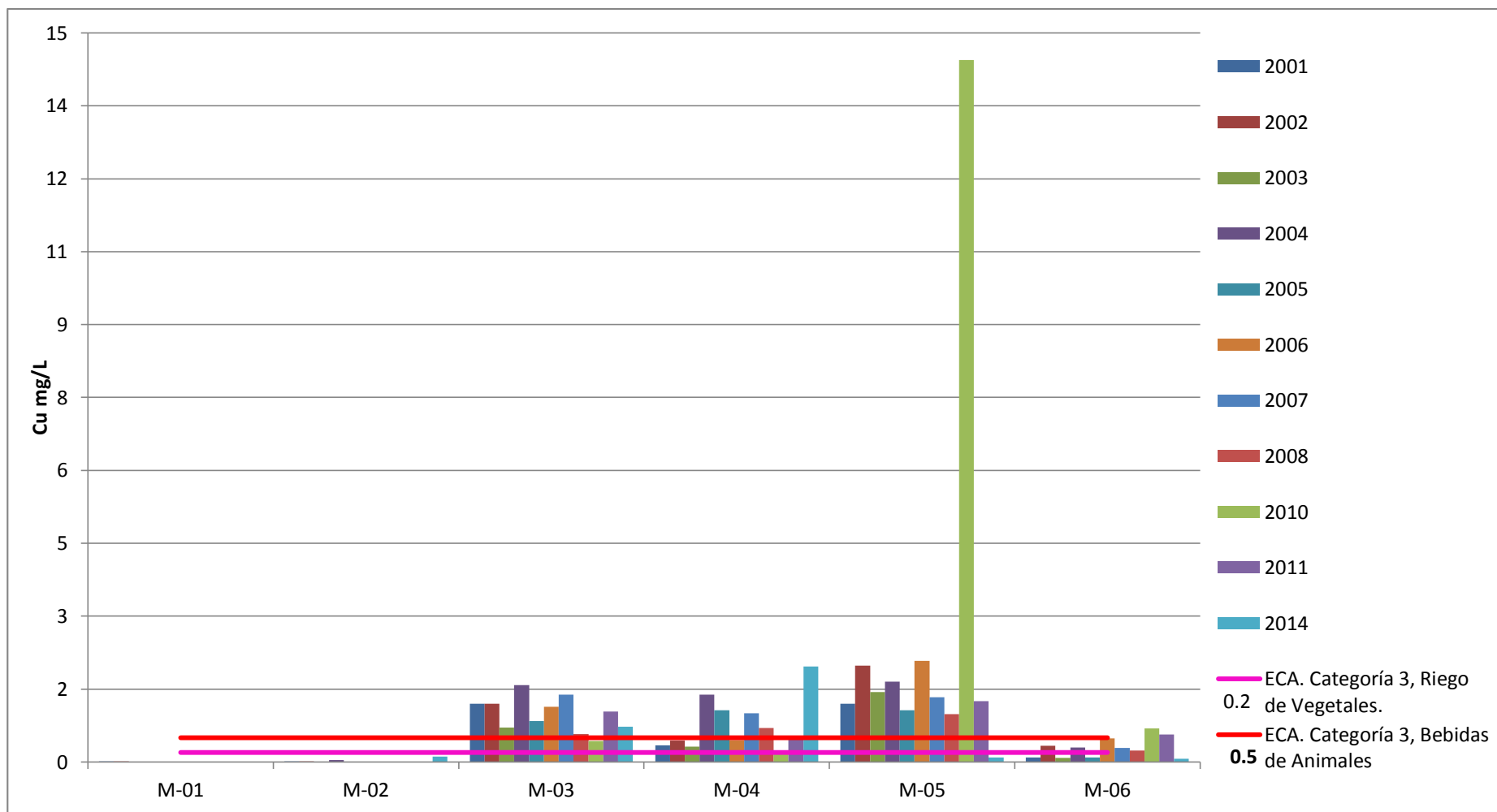
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 19. VARIACIÓN DE CADMIO EN ESTIAJE



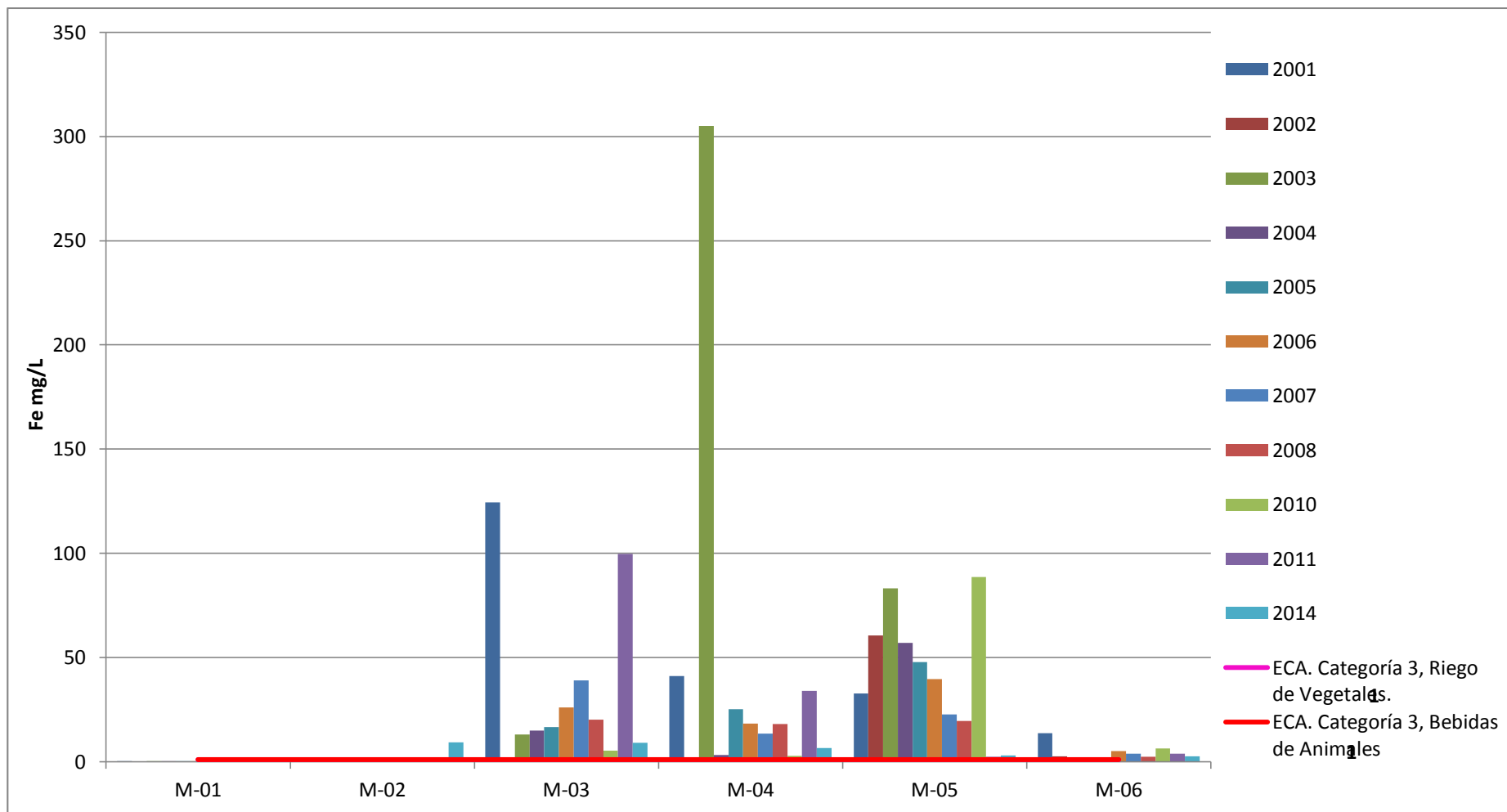
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 20. VARIACIÓN DE COBRE EN ESTIAJE



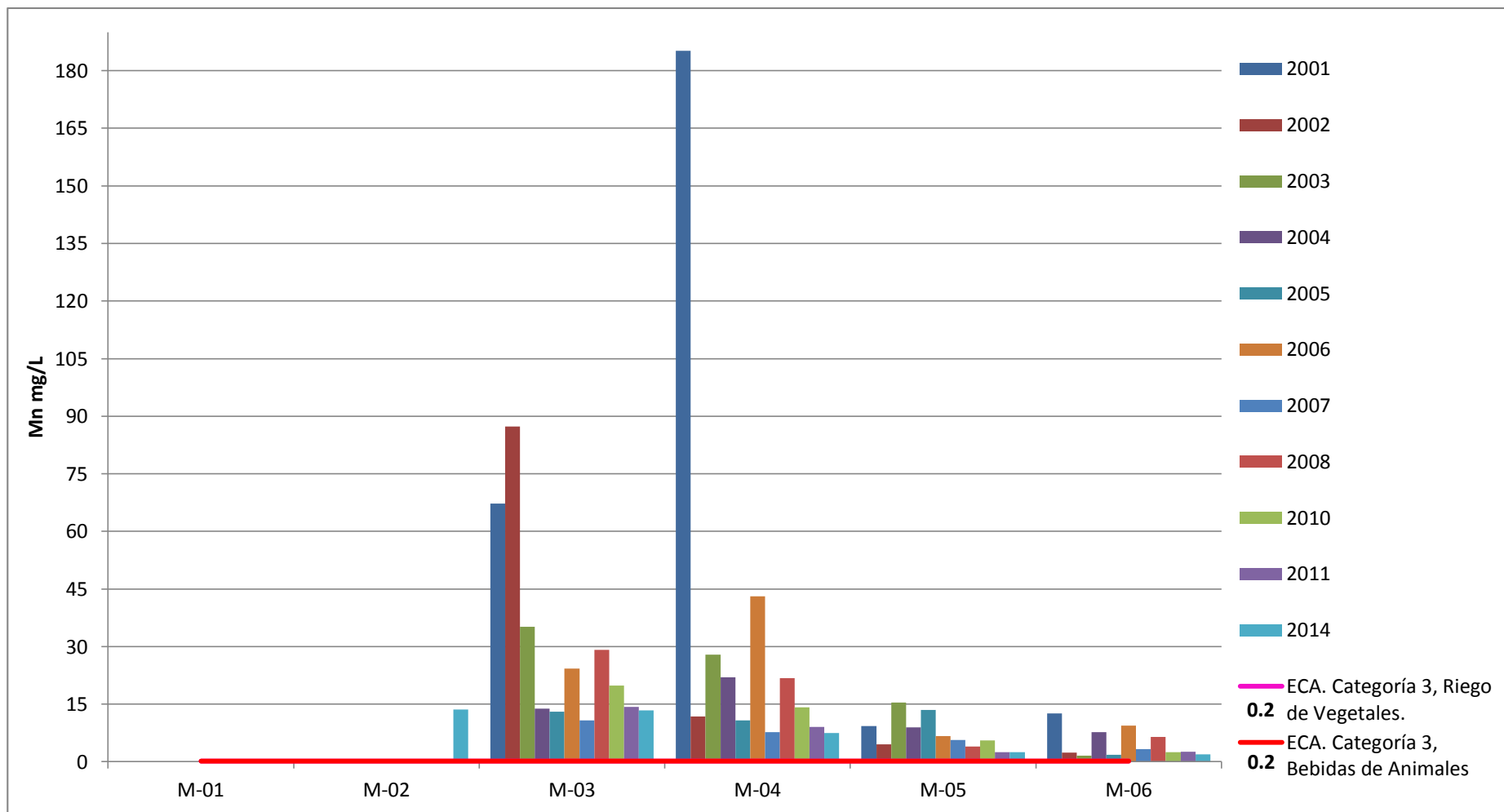
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 21. VARIACIÓN DE HIERRO EN ESTIAJE



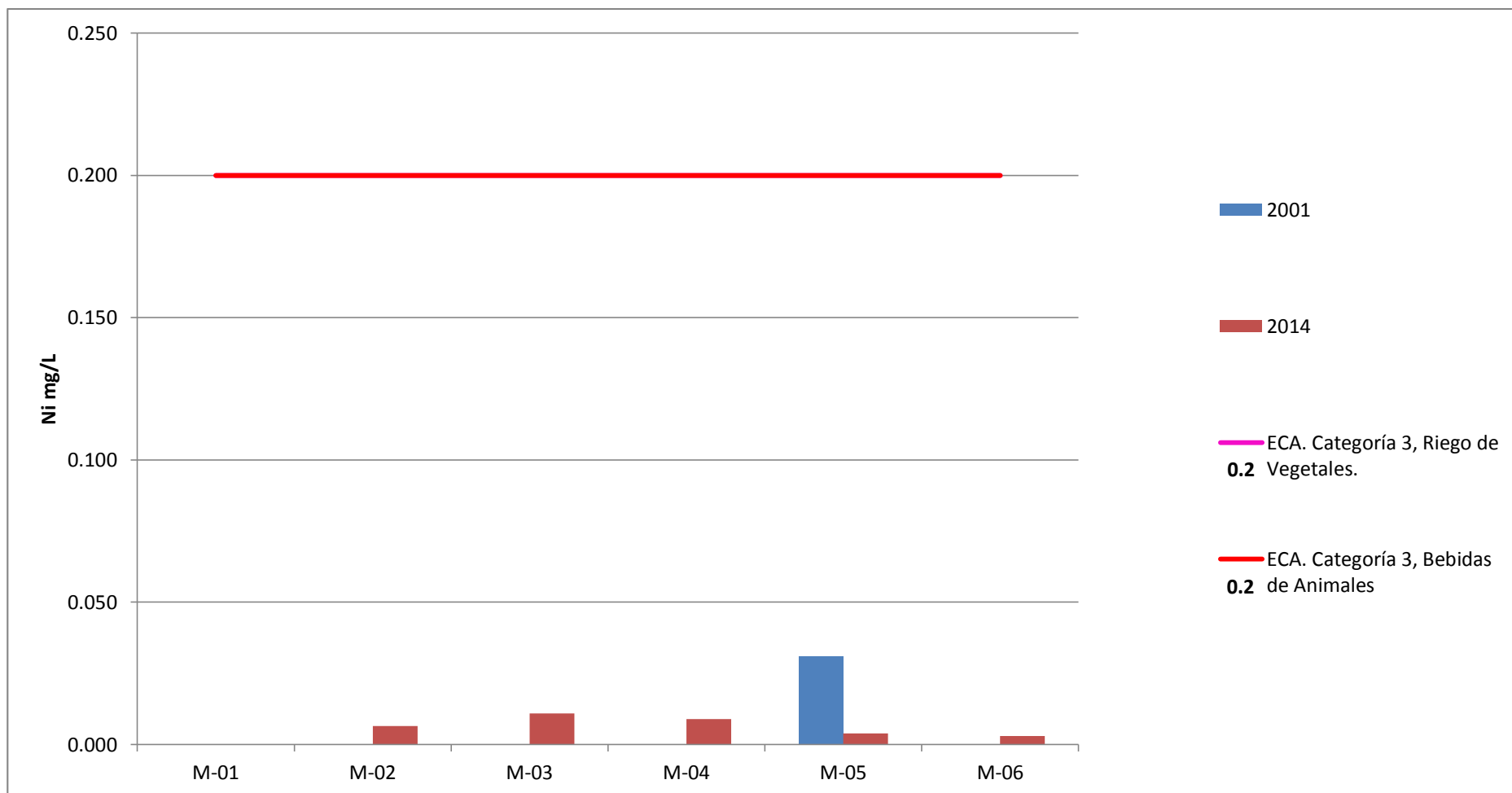
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 22. VARIACIÓN DE MANGANESO EN ESTIAJE



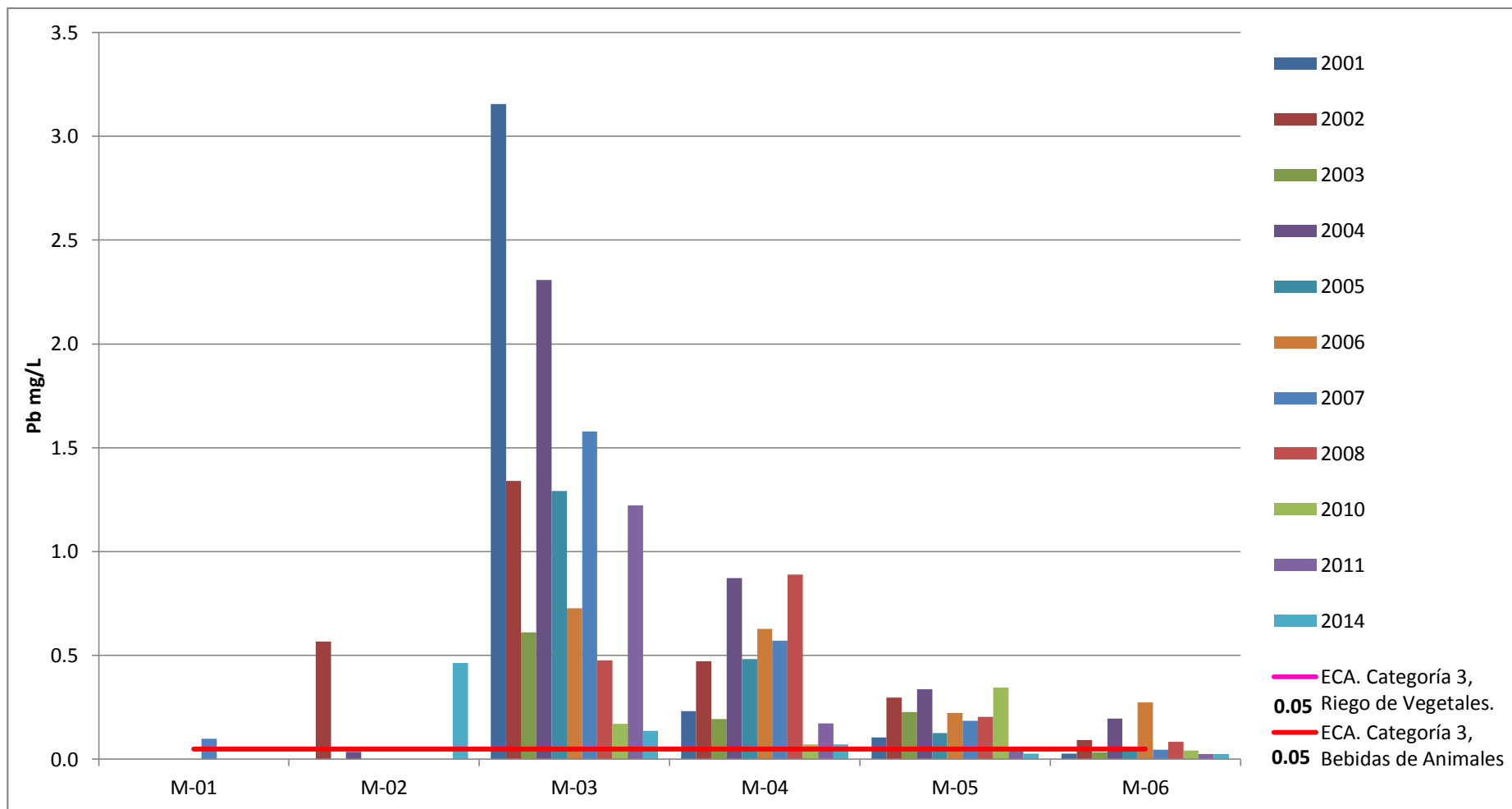
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 23. VARIACIÓN DE NÍQUEL EN ESTIAJE



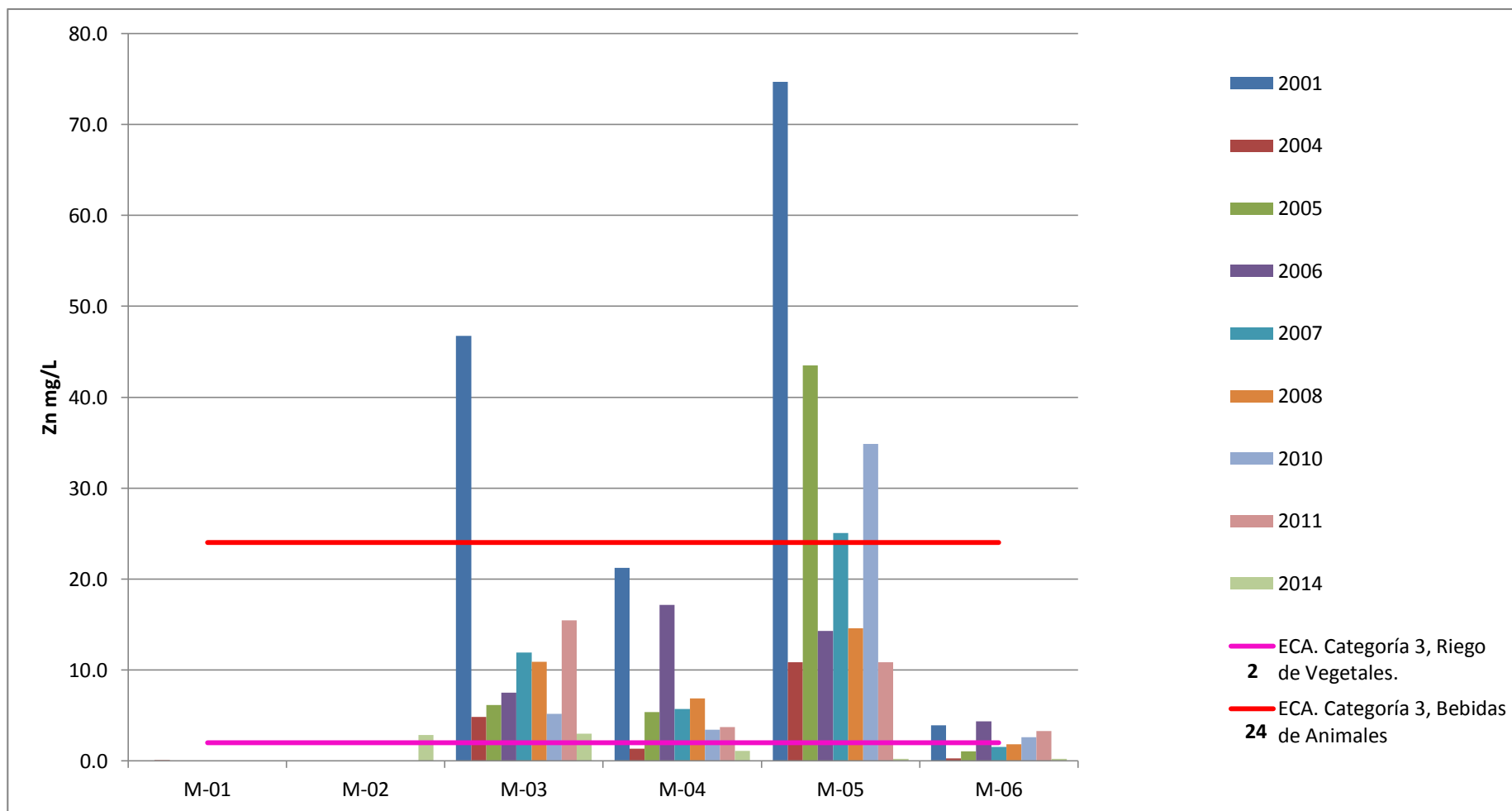
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 24. VARIACIÓN DE PLOMO EN ESTIAJE



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 25. VARIACIÓN DE ZINC EN ESTIAJE



Fuente: Elaboración propia

5.2.0. ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS

5.2.1. ÉLEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA

Estos valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, de los años 2001, 2003, 2004, 2006 y 2014, se calcularon los promedios de las concentraciones de coliformes termotolerantes y totales en temporada de avenida (de noviembre a abril) para luego ser comparado con los valores que han sido establecidos como norma en el acuerdo al D.S. N° 002-2008-MINAM. ECA. Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, los cuales se presentan en los cuadros N°30 al N°34. Asimismo, en base a estos resultados se elaboraron gráficas las cuales ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los parámetros microbiológicos a lo largo de los años estudiados.

CUADRO N° 30. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2001 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	5	97
M-02	13	77
M-03	1920	5520
M-04	68	355
M-05	29	148
M-06	25	71

Fuente: Elaboración propia.

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 8. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2003 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	<0,010	---
M-02	<0,010	---
M-03	0,046	---
M-04	0,018	---
M-05	0,019	---
M-06	<0,010	---

---: Indica que no se monitoreo el punto de control.

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 9. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2004 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	0	2
M-02	1	27
M-03	5000	20000
M-04	60	400
M-05	0	2
M-06	0	24

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 10. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2006 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	0	4
M-02	1	20
M-03	9667	24667
M-04	5333	13333
M-05	0	0
M-06	3	43

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 11. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE AVENIDA 2014 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	<1,8	45
M-02	140	5400
M-03	<1,8	<1,8
M-04	110	490
M-05	45	490
M-06	330	3500

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



- **VARIACIÓN DE LOS ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA**

Con la información presentada en los cuadros del N°30 al 34, se elaboraron las gráficas N°26 y 27 las cuales ilustran cómo ha ido variando la concentración de los elementos microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales, los años 2001, 2003, 2004, 2006 y 2014 en épocas de avenida.

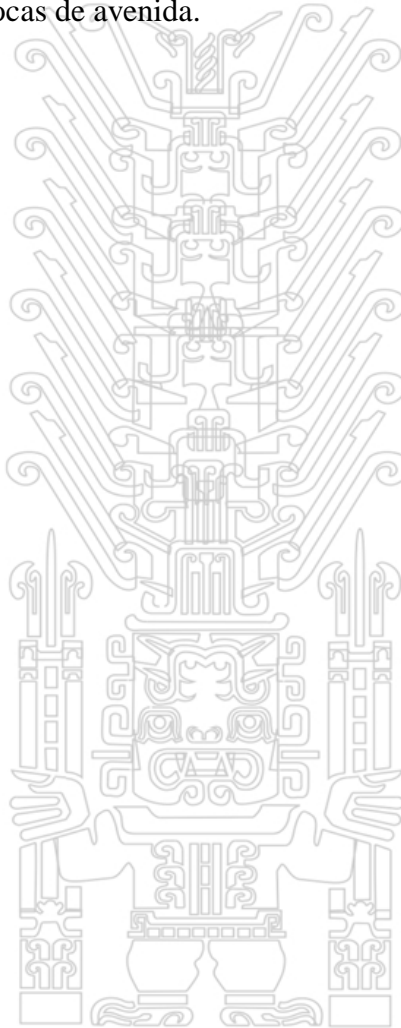
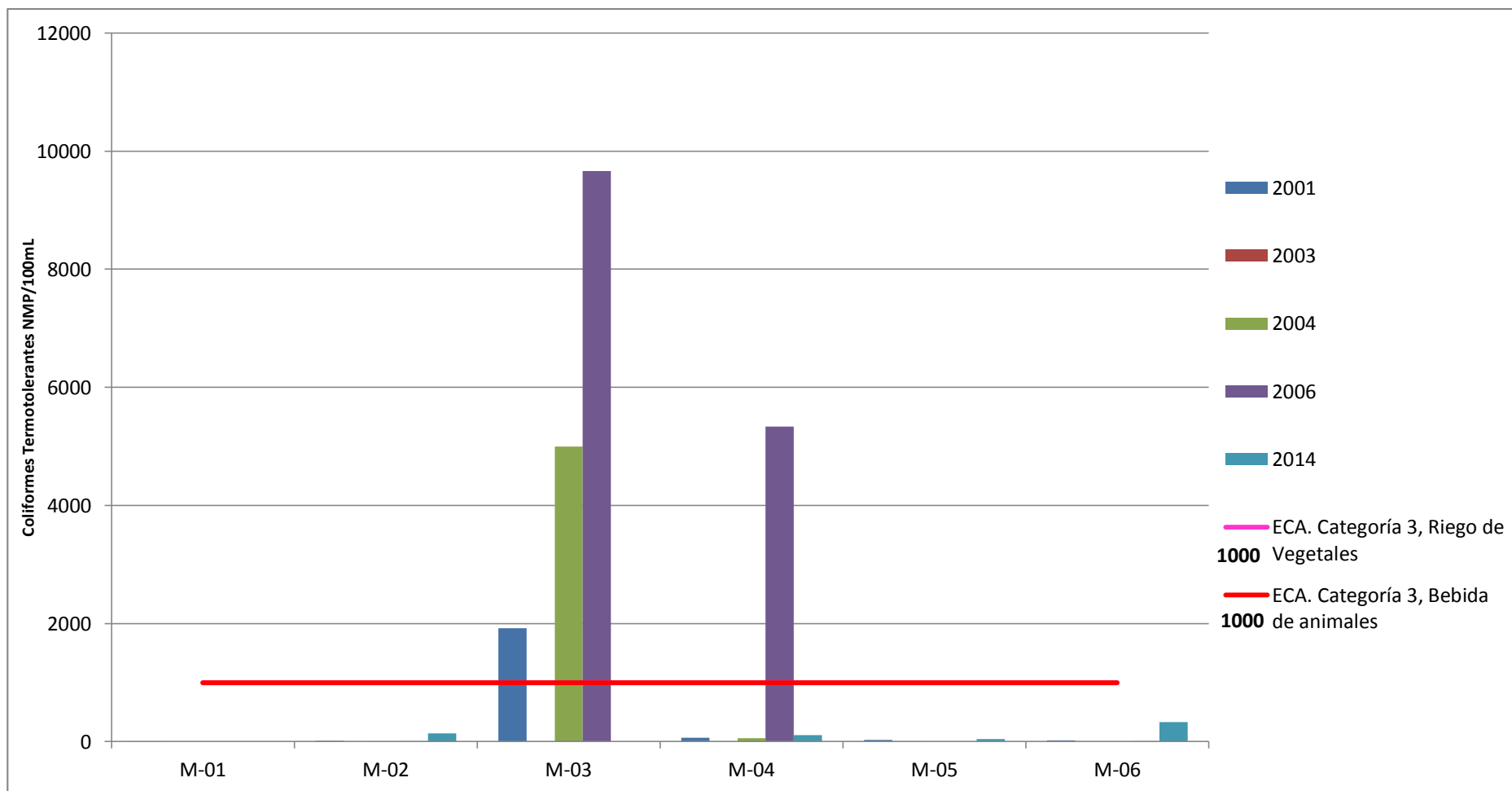
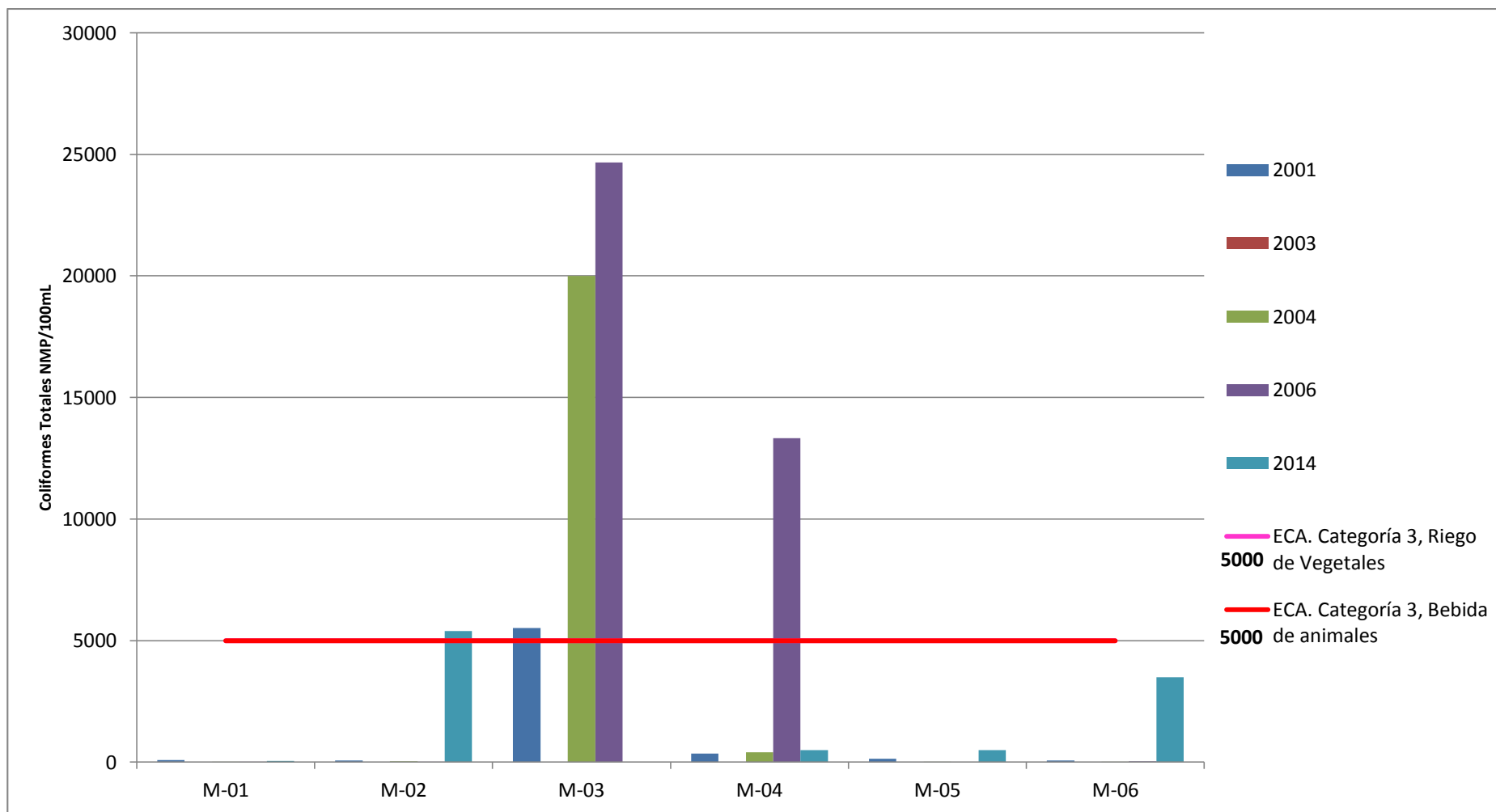


GRÁFICO N° 6. VARIACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AVENIDA



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 7. VARIACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN AVENIDA



Fuente: Elaboración propia

5.2.2. ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE

Estos valores se determinaron a partir de los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, de los años 2001, 2004, 2005, 2006 y 2014, se calcularon los promedios de las concentraciones de coliformes termotolerantes y totales en temporada de estiaje (de mayo a octubre), para luego ser comparado de acuerdo al D.S. N° 002-2008-MINAM. ECA. Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, los cuales se presentan en los cuadros N°35 al N°39. Asimismo, en base a estos resultados se elaboraron gráficas las cuales ilustran la variación de las concentraciones que tuvieron los parámetros microbiológicos a lo largo de los años estudiados.

CUADRO N° 35. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2001 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	1	47
M-02	11	69
M-03	2952	10320
M-04	78	410
M-05	20	244
M-06	4	45

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 36. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2004 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	0	2
M-02	2	25
M-03	6333	21333
M-04	110	500
M-05	0	1
M-06	0	9

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 37. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2005 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	0	2
M-02	2	24
M-03	4	13
M-04	72	576
M-05	0	0
M-06	0	7

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 38. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2006 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	0	3
M-02	2	43
M-03	12000	28000
M-04	5000	16000
M-05	0	0
M-06	0	28

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 39. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y TOTALES EN ÉPOCA DE ESTIAJE 2014 (NMP/dL)

	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Totales
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales.	1000	5000
ECA. Categoría 3, Bebidas de Animales	1000	5000
M-01	<1,80E+00	230
M-02	>1,60E+05	>1,60E+05
M-03	78	170
M-04	1300	2400
M-05	170	220
M-06	680	1400

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



- **VARIACIÓN DE LOS ELEMENTOS MICROBIOLÓGICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE**

A partir de la información presentada en los cuadros del N°235 al 39, se elaboraron las gráficas N°28 y 29 las cuales ilustran cómo ha ido variando la concentración de los elementos microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales, los años 2001, 2003, 2004, 2006 y 2014 en época de estiaje.

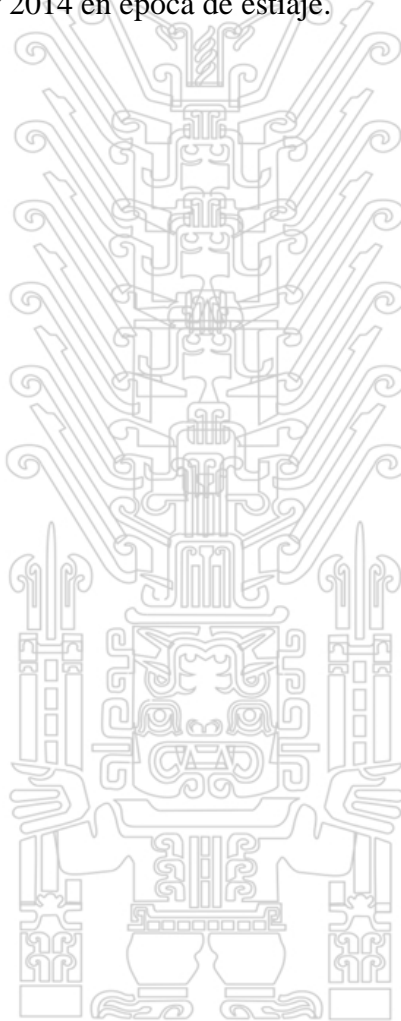
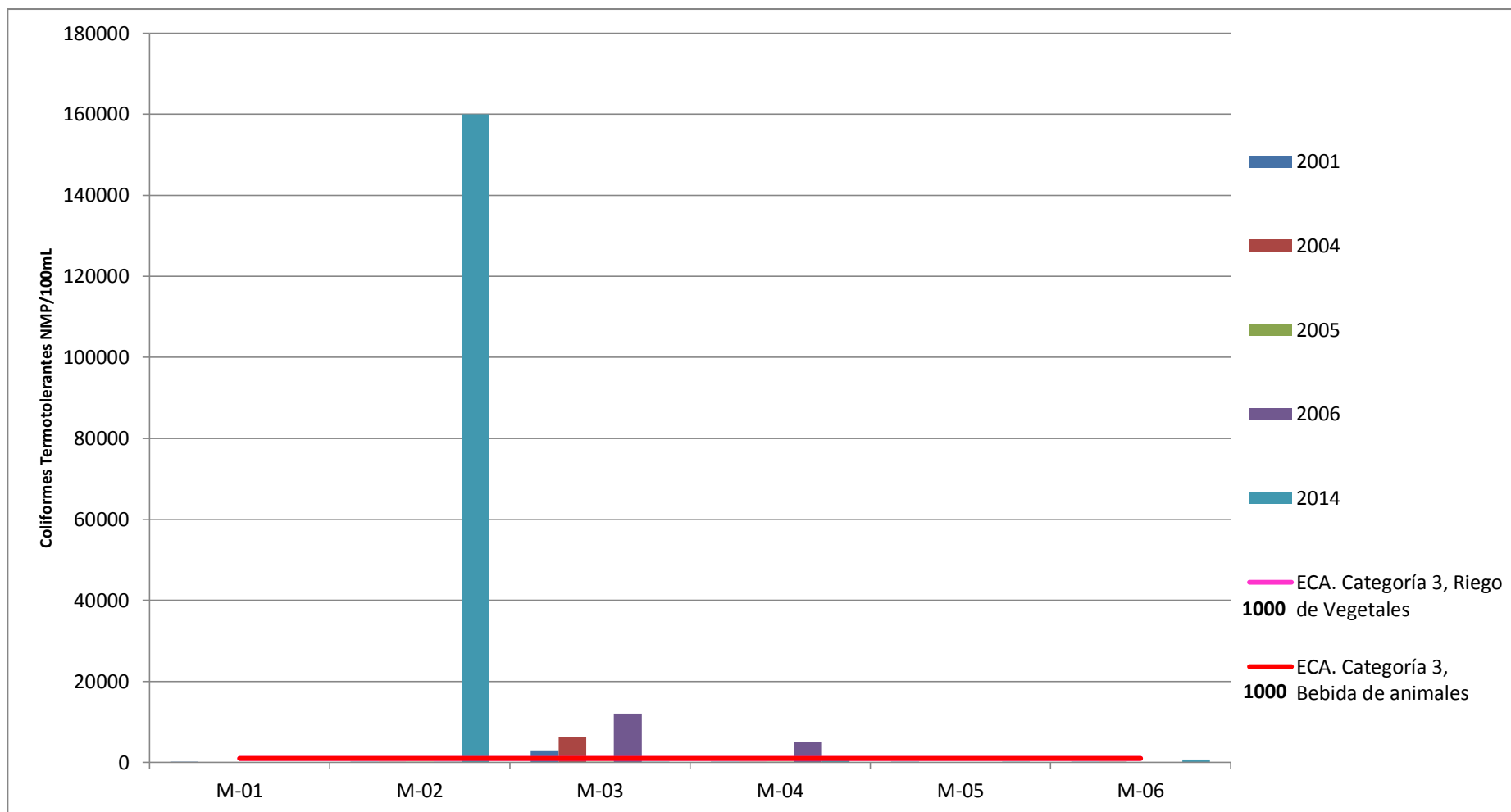
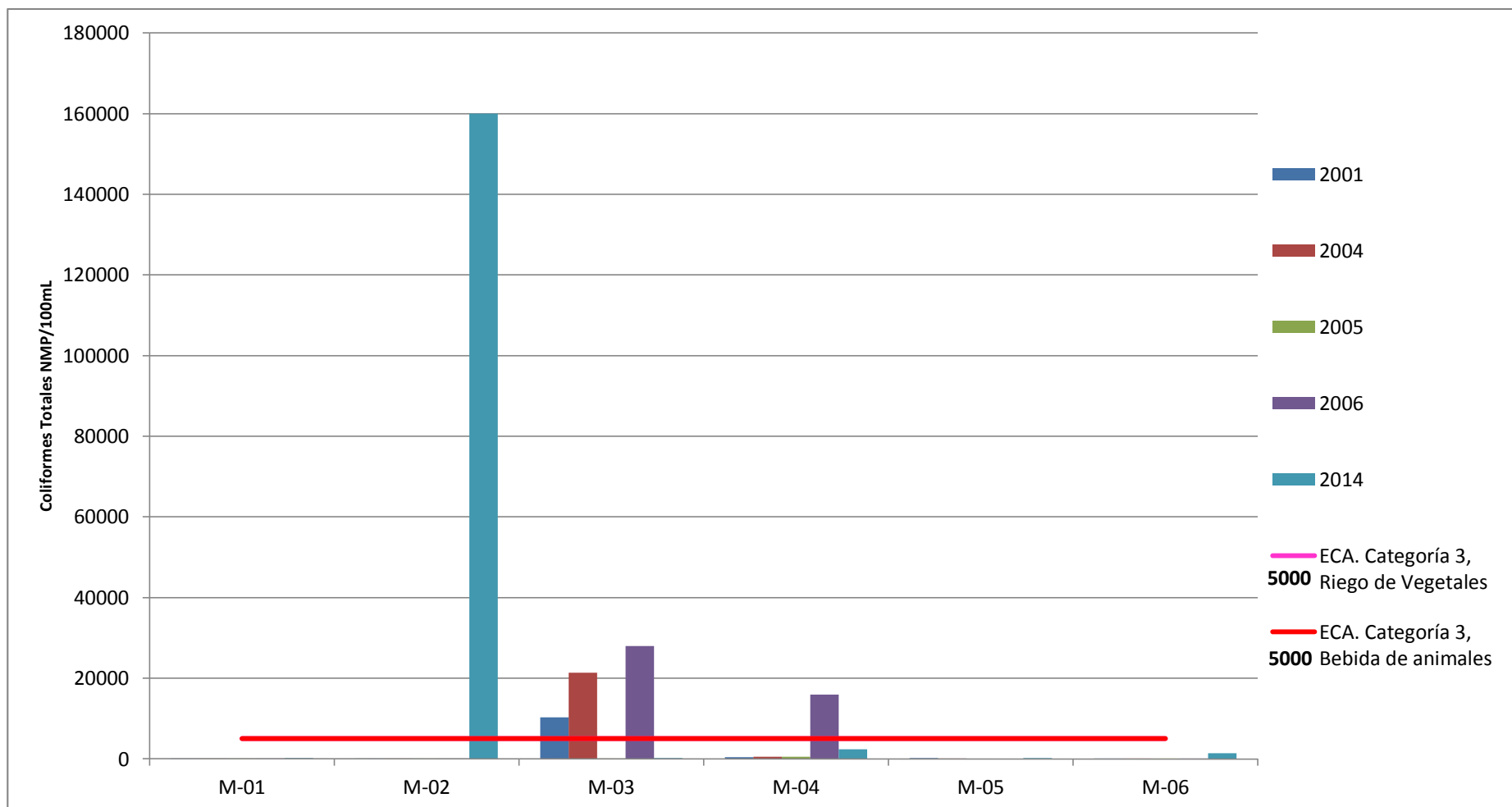


GRÁFICO N° 28. VARIACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN ESTIAJE



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 29. VARIACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN ESTIAJE



Fuente: Elaboración propia

5.3.0. PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICOS

5.3.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA

A partir de los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, desde el año 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2014, y de acuerdo D.S. N° 002-2008-MINAM. ECA. Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, se calcularon los promedios de los parámetros físico-químicos: pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas y cianuro wad, en temporada de avenida (noviembre a abril). Los resultados de los promedios en temporadas de avenida se muestran en los cuadros del N° 40 al 44. Cabe mencionar que no se analizaron datos de algunos de estos parámetros en todos los años de estudio ya que la Dirección General de Salud Ambiental no realizó el monitoreo de todos ellos.

CUADRO N° 40. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA - pH

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	7,61	8,12	7,50	7,60	8,20	8,25	7,99	8,08	8,13	8,79	8,28	8,11	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-02	7,98	7,86	7,90	7,50	8,23	8,40	7,86	7,83	8,12	8,71	8,27	8,11	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-03	5,26	5,40	6,70	6,90	6,70	6,97	6,60	6,90	7,06	7,16	7,26	8,13	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-04	7,33	7,13	7,20	7,20	7,29	7,59	7,31	7,31	7,71	7,73	7,74	7,09	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-05	3,39	7,95	7,40	3,80	1,95	4,66	4,11	3,01	3,68	3,30	5,26	8,07	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-06	7,57	7,99	7,50	7,30	7,59	7,59	7,70	7,58	7,39	7,93	7,81	7,80	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales



CUADRO N° 12. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA - Conductividad

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	248	---	209	100	306	276	326	258	167	193	176	203	<2000	<=5000
M-02	260	---	184	150	348	311	343	274	176	190	173	989	<2000	<=5000
M-03	1198	---	624	830	3270	1923	2448	2350	1420	1188	1421	671	<2000	<=5000
M-04	380	---	691	340	1680	770	1393	1134	411	556	522	491	<2000	<=5000
M-05	997	---	1426	750	2250	1090	1344	1421	897	1245	660	462	<2000	<=5000
M-06	346	---	370	290	712	701	770	575	310	357	401	450	<2000	<=5000

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales 

CUADRO N° 13. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA – Oxígeno disuelto

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	---	---	---	---	9,76	---	---	---	---	---	---	9,75	>=4	>5
M-02	---	---	---	---	11,36	---	---	---	---	---	---	7,50	>=4	>5
M-03	---	---	---	---	5,51	---	---	---	---	---	---	5,00	>=4	>5
M-04	---	---	---	---	8,13	---	---	---	---	---	---	8,70	>=4	>5
M-05	---	---	---	---	6,98	---	---	---	---	---	---	6,63	>=4	>5
M-06	---	---	---	---	7,17	---	---	---	---	---	---	4,11	>=4	>5

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Bebida de Animales 

CUADRO N° 14. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA – Cianuro WAD

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1
M-02	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1
M-03	---	---	---	---	---	0,033	0,019	0,024	0,012	0,006	0,010	<0,005	0,1	0,1
M-04	---	---	---	---	---	0,072	0,026	0,102	0,082	0,031	0,217	1,809	0,1	0,1
M-05	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1
M-06	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales 

CUADRO N° 44. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE AVENIDA 2014 – Aceites y grasas y Demanda bioquímica orgánica

	Aceites y Grasas	DBO
ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	1	15
ECA. Categoría 3, Bebida de animales	1	<=15
M-01	<1	<2,0
M-02	<1	11,5
M-03	<1	3
M-04	<1	3,9
M-05	<1	<2,0
M-06	<1	<2,0

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE

Con los resultados de los monitoreos de calidad de agua del Programa de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos realizados por DIGESA, desde el año 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2014, y de acuerdo D.S. N° 002-2008-MINAM. ECA. Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales, se calcularon los promedios de los parámetros físico-químicos: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, conductividad y cianuro wad, en temporada de estiaje (mayo a octubre). Los resultados de los promedios en temporadas de avenida se muestran en los cuadros del N°45 al 50, se calcularon los promedios de los parámetros físico-químicos: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, conductividad y cianuro wad. Cabe mencionar que no se analizaron datos de algunos de estos parámetros en todos los años de estudio ya que la Dirección General de Salud Ambiental no realizó el monitoreo de todos ellos.

CUADRO N° 15. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE - pH

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	7,95	8,22	7,90	7,94	7,88	7,58	8,36	8,50	8,40	7,98	8,20	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-02	7,67	7,98	8,10	7,64	7,36	7,30	8,13	8,56	8,75	8,06	9,57	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-03	5,89	6,99	7,25	7,30	5,32	6,75	7,19	7,41	7,40	7,05	4,80	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-04	6,26	7,16	7,25	6,38	7,05	6,92	7,26	7,29	7,80	6,77	6,38	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-05	3,14	5,00	4,44	2,10	2,74	2,94	2,97	3,83	3,03	6,62	7,50	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
M-06	6,50	7,62	7,40	7,67	7,66	6,35	7,73	8,01	7,30	7,09	8,97	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales

CUADRO N° 46. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE – Conductividad eléctrica

	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	269	251	267	266	335	286	200	181	169	193	<2000	<=5000
M-02	313	258	287	965	340	290	200	206	221	1775	<2000	<=5000
M-03	1196	1130	988	1404	3400	2354	1491	1 795	1378	1745	<2000	<=5000
M-04	643	960	1840	1168	3400	2030	1428	637,0	3305	893	<2000	<=5000
M-05	2630	2480	2683	2805	2280	1680	1113	1059	238	623	<2000	<=5000
M-06	497	330	740	572	1250	976	672	421	324	541	<2000	<=5000

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales

CUADRO N° 47. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE – Aceites y grasas

	2001	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	6,0	<1	1	1
M-02	4,8	8	1	1
M-03	6,9	<1	1	1
M-04	4,7	<1	1	1
M-05	<3	<1	1	1
M-06	<1	<1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales

CUADRO N° 48. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE – Demanda bioquímica de oxígeno

	2001	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	10,0	<2,0	15	<=15
M-02	8,1	7,4	15	<=15
M-03	---	<2,0	15	<=15
M-04	---	<2,0	15	<=15
M-05	---	<2,0	15	<=15
M-06	7,4	<2,0	15	<=15

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 49. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE – Oxígeno disuelto

	2004	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	8,10	6,67	>=4	>5
M-02	10,23	6,60	>=4	>5
M-03	4,51	6,50	>=4	>5
M-04	4,06	5,83	>=4	>5
M-05	5,93	6,23	>=4	>5
M-06	7,51	6,96	>=4	>5

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 50. VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN ÉPOCA DE ESTIAJE – Cianuro WAD

	2006	2008	2010	2011	2014	ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales	ECA. Categoría 3, Bebida de animales
M-01	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1
M-02	---	---	---	---	0,368	0,1	0,1
M-03	0,05	0,0529	0,0133	0,07	0,890	0,1	0,1
M-04	0,01	0,0305	0,0112	0,07	2,643	0,1	0,1
M-05	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1
M-06	---	---	---	---	<0,005	0,1	0,1

Fuente: Elaboración propia

Superan el ECA. Categoría 3, Riego de Vegetales y Bebida de Animales

5.4. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

En la discusión de resultados se identificó que la presencia de metales pesados requieren ser tratados para mejorar la calidad de agua por lo que la alternativa de solución al problema de la concentración de metales pesados en el río San Juan debe ser primeramente recircular el agua industrial en el proceso de las empresas mineras y evitar su vertimiento al cuerpo receptor previo tratamiento químico.

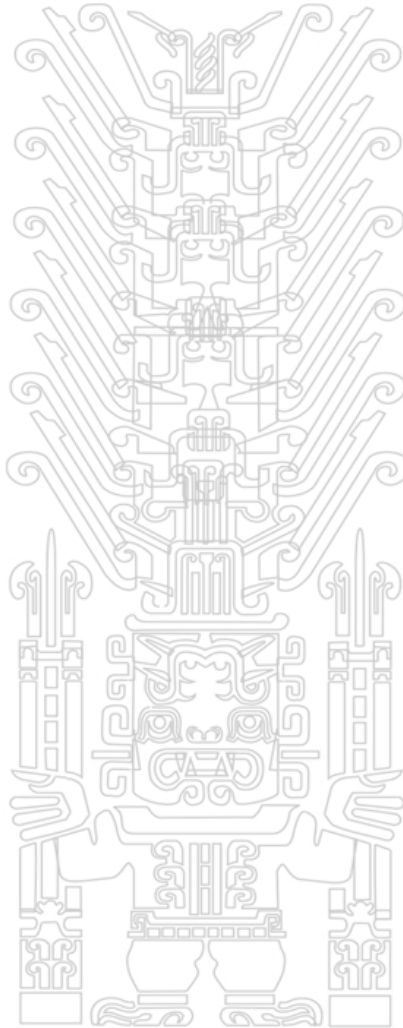
5.4.1. Recirculación del agua industrial

Objetivos
Objetivo general:
Reducir las concentraciones de los metales pesados en el río San Juan.
Objetivo específico:
Mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros, ya que actualmente es una fuente emisora de vertimientos a las aguas del río San Juan.
Beneficiarios del Proyecto:
Los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca.
Población meta:
Los pobladores de los distritos Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca, instituciones públicas y empresas.
Problemática:
Contaminación del río San Juan
Periodo de ejecución:

Largo (2 años)					
Financiamiento:					
Las empresas mineras.					
Actividad:					
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para la construcción de un sistema de tratamiento de efluentes líquidos esta detallado desde las obras preliminares, movimiento de tierras, obras civiles y equipos necesarios teniendo un costo total de 52 289, 44 Nuevos soles. ▪ El sistema a construir esta previsto para el tratamiento de un caudal de 7 Lt /seg que es lo que viene produciendo actualmente CIA Minera Aurex y es la referencia para la construcción. A continuación se detalla los costos a los cuales tendría que incurrir la empresa en la implementación de una planta de tratamiento para aguas de mina. 					
ACTIV. N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.00	OBRAS PRELIMINARES	m3, TAREA	65.00	35.35	2 297,75
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	m3	180.00	12.20	2 196,00
3.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m3, m2, Kg	850.00	11.14	9 469,00
4.00	COLUMNAS, MUROS CANALETAS, ESCALERAS	m3 m2	100.80	51.71	5 212,39
5.00	EQUIPOS VARIOS	UNID.	230.00	95.50	21965,00
6.00	CONSULTORÍA	TAREAS			10 000,00
7.00	REACTIVOS VARIOS	Kg	100.80	15.37	1 549,30
COSTO TOTAL:					52689,44
Fuente: Tesis: Influencia del vertido del efluente líquido de la compañía minera Aurex S.A.- en el ecosistema acuático del río San Juan.					

Resultado esperado:

La concentración de los metales pesados disminuya y cumplan con el Estándar de Calidad Ambiental.



CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

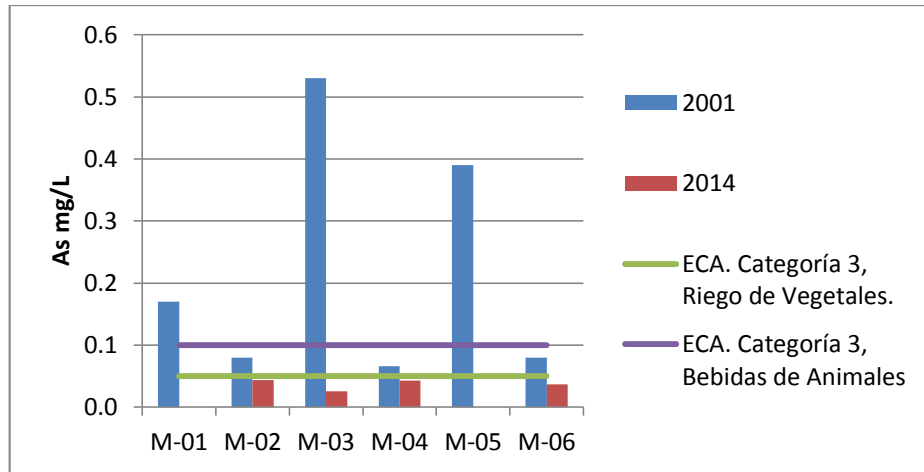
En esta investigación se ha encontrado que en el agua del río San Juan existe la presencia de metales pesados que superan los estándares de calidad ambiental para agua tales como el arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc. Según Armas Ramírez (2001), estos elementos provienen fundamentalmente 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 las actividades de extracción de minerales en los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca donde las actividades mineras son intensas.

En la tesis titulada, “Influencia del vertido del efluente líquido de la compañía minera AUREX S.A., en el ecosistema acuático del río San Juan”, indica que los metales que presentan altas concentraciones son el cobre (0,777 mg/L), plomo (0,80 mg/L) y zinc (9,040 mg/L) en el punto M-03, exceden a los estándares de calidad ambiental del MINAM, y que presentan un alto riesgo a la calidad del agua del río San Juan. (Carrera 2011). En efecto los resultados obtenidos en el periodo 2014 en el mismo punto de monitoreo M-03, han superado los tres metales con un porcentaje de 300% el ECA.

Si hacemos una comparación de las concentraciones de los metales pesados entre los años 2001 y 2014, se podrá apreciar que las concentraciones han aumentado en época de avenida y estiaje, en las estaciones M-01, M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06. (Ver gráficos N° 30 al 43).

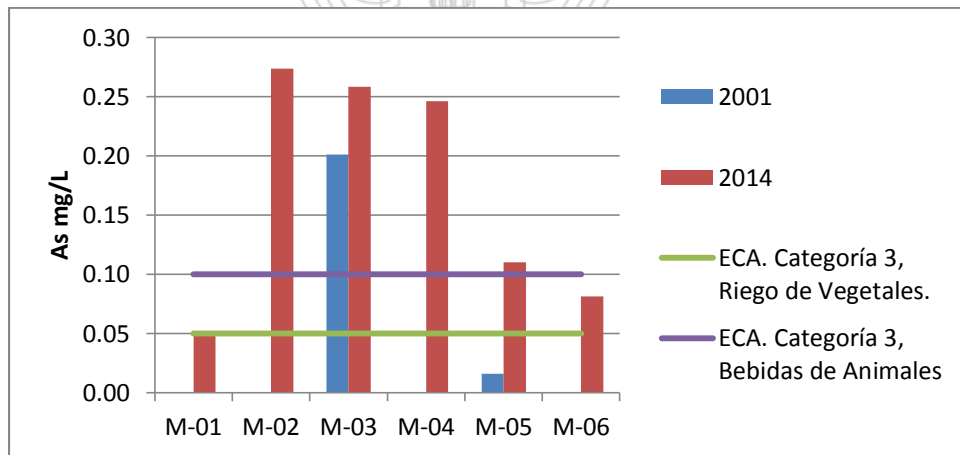
GRÁFICO N° 30. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014

2014



Fuente: Elaboración propia

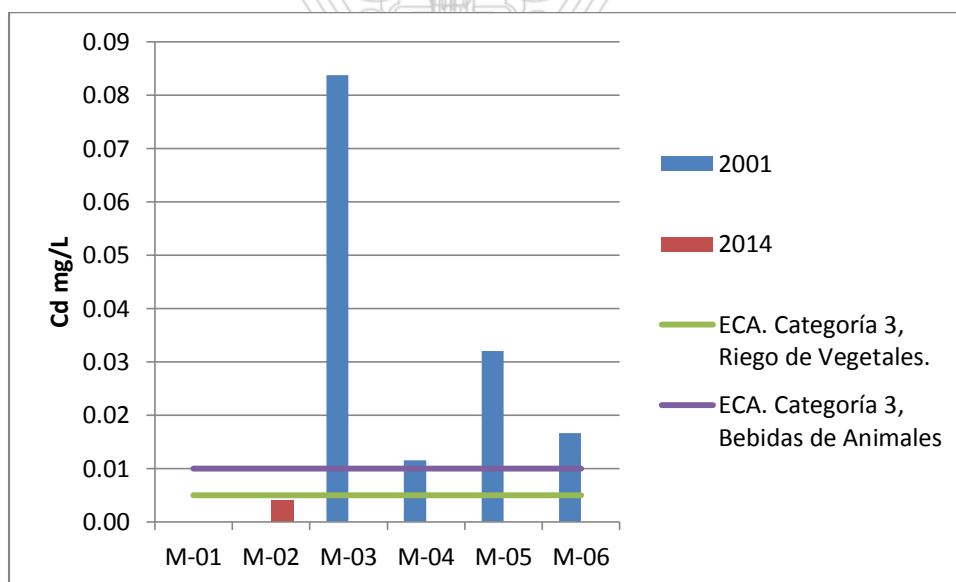
GRÁFICO N° 31. VARIACIÓN DE ARSÉNICO EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

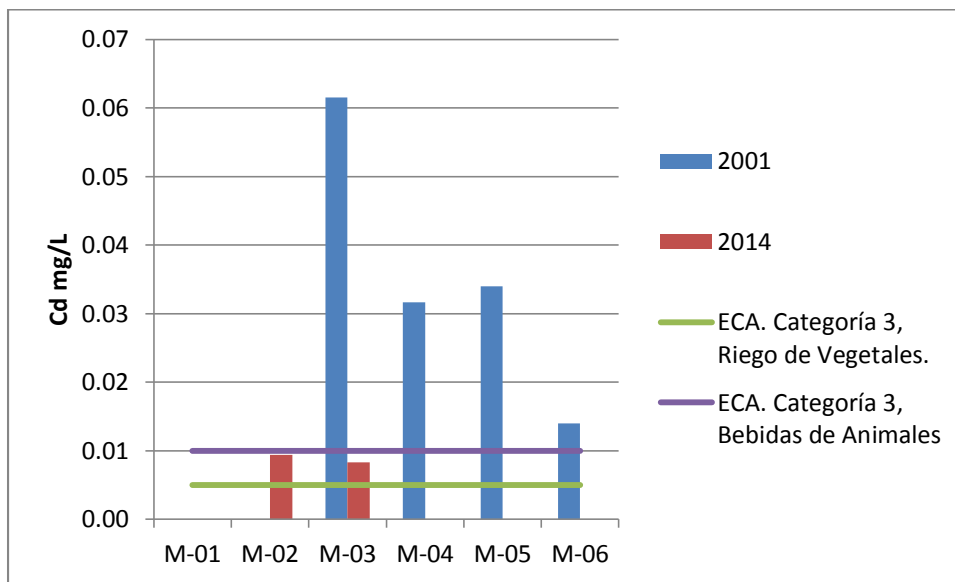
El metal arsénico en época de avenida durante el año 2001 todas las estaciones superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales, mientras que las estaciones M-01, M-03 y M-05 superaron el ECA. Categoría 3. Bebida de animales. Durante el año 2014 las concentraciones de plomo no superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales. El metal arsénico en época de estiaje durante el año 2001 la estación M-03 superó el ECA 3. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales. En el año 2014 las estaciones M-02, M-03, M-04, M-05 y M-06 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales, mientras que las estaciones M-02, M-03, M-04 y M-05 superaron el ECA. Categoría 3. Bebida de animales. Actualmente, se observó un aumento en la concentración de plomo en la época de estiaje del periodo 2001 y 2014.

GRÁFICO N° 32. VARIACIÓN DE CADMIO EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

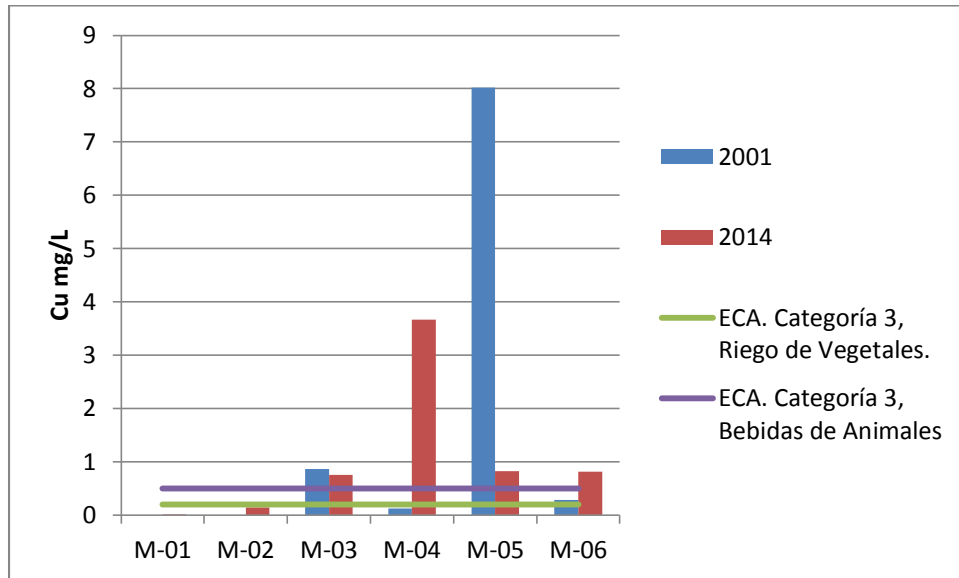
GRÁFICO N° 33. VARIACIÓN DE CADMIO EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

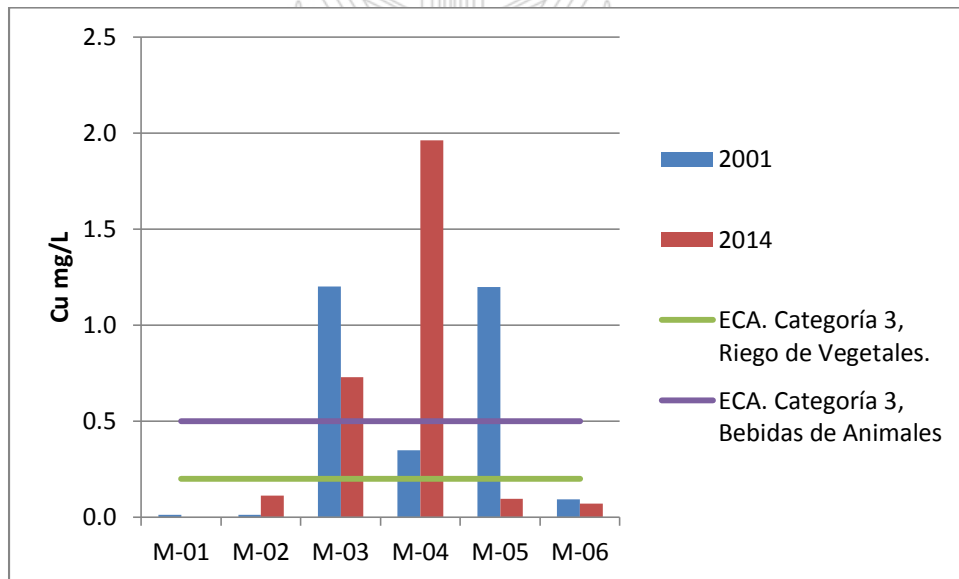
El metal cadmio tanto en el año 2001 en época de avenida como de estiaje, en todas las estaciones superaron el ECA. Categoría 3. Bebida de animales y riego de vegetales. Durante el año 2014 en época de avenida no superó el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, en la época de estiaje las estaciones M-02 y M-03 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales, más no para el ECA. Categoría 3. Bebida de animales. Es decir, del periodo 2001 al 2014 se verificó un descenso de las concentraciones de cadmio.

GRÁFICO N° 34. VARIACIÓN DE COBRE EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 35. VARIACIÓN DE COBRE EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014

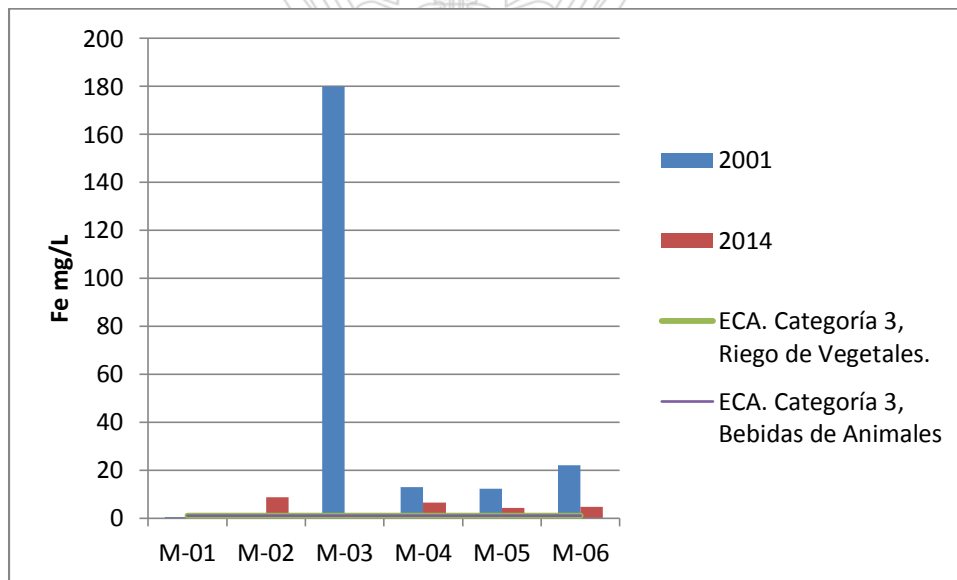


Fuente: Elaboración propia

El metal cobre, durante el año 2001 en la época de avenida las estaciones M-03, M-05 y M-06 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales, y las estaciones M-03 y M-05 las estaciones superaron el ECA. Categoría 3. Bebida de animales. En la época de estiaje, durante el año 2001 las estaciones M-03, M-04 y M-05 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales, mientras que las estaciones M-03 y M-05 superaron el ECA. Categoría 3. Bebida de animales. Durante el año 2014 las estaciones M-03 y M-04 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales.

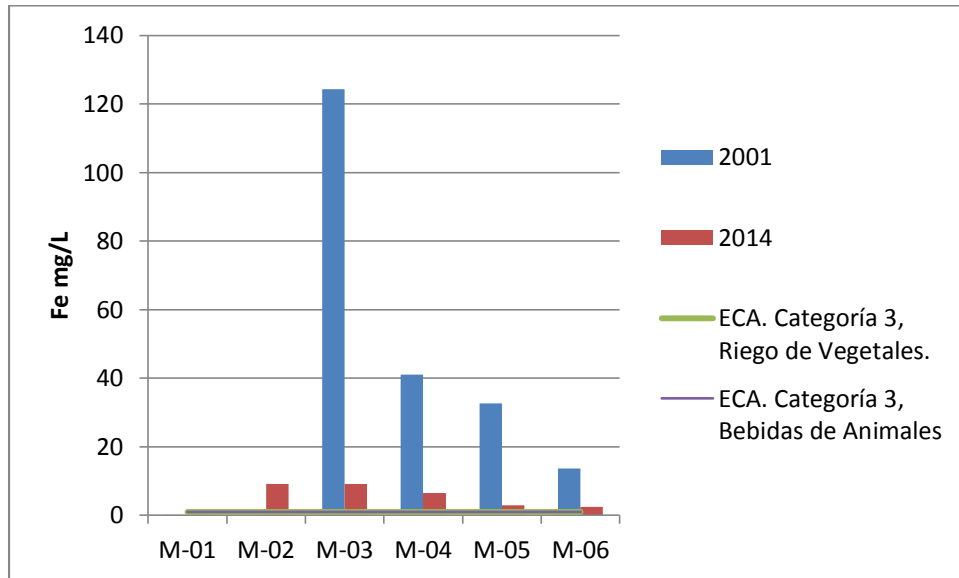
Se verificó que tanto en la época de avenida como de estiaje hubo un incremento de la concentración de cobre en las estaciones M-03 y M-04.

GRÁFICO N° 36. VARIACIÓN DE HIERRO EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

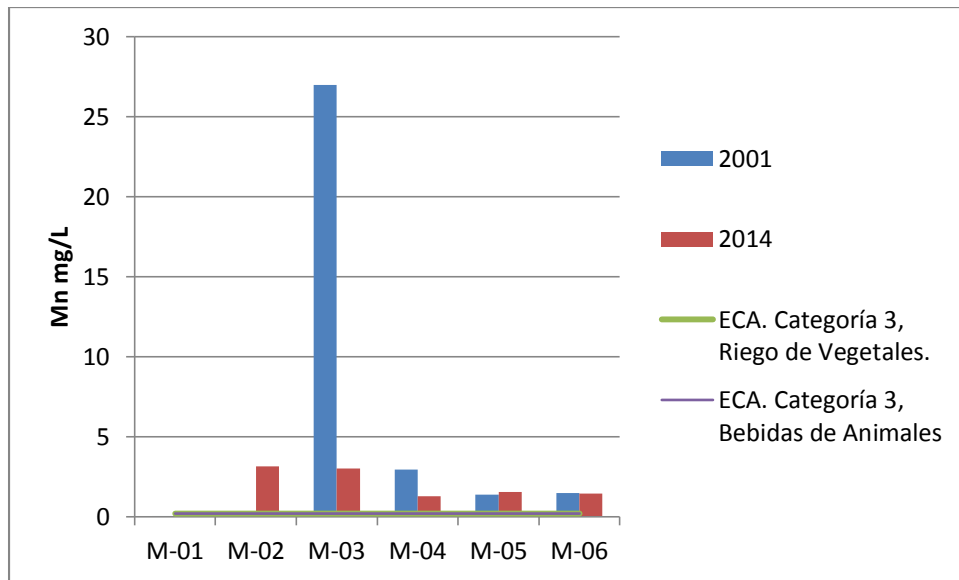
GRÁFICO N° 37. VARIACIÓN DE HIERRO EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

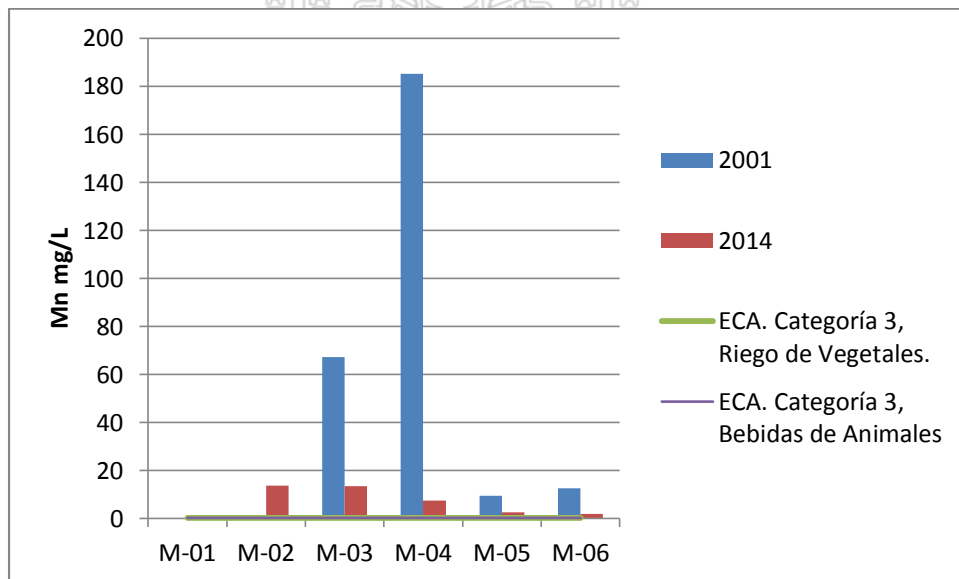
El metal hierro, durante el año 2001 y 2014 tanto en la época de avenida como de estiaje, se verificó que las concentraciones de hierro superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales. Sin embargo en el año 2001 se observó los valores más altos llegando a concentraciones de 180 mg/L, y durante el año 2014, se observó que las concentraciones se redujeron llegando a concentraciones de 9 mg/L.

GRÁFICO N° 38. VARIACIÓN DE MANGANESO EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

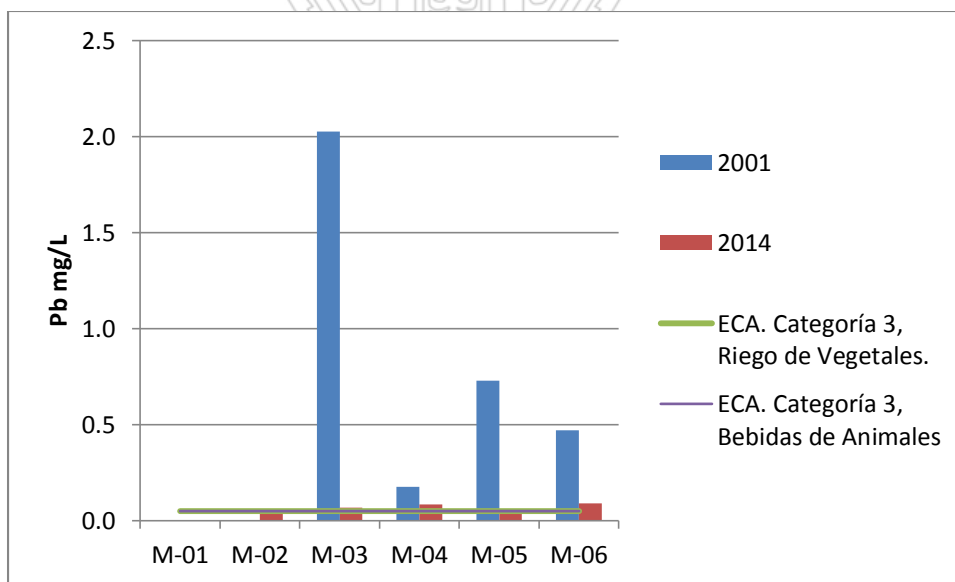
GRÁFICO N° 39. VARIACIÓN DE MANGANESO EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

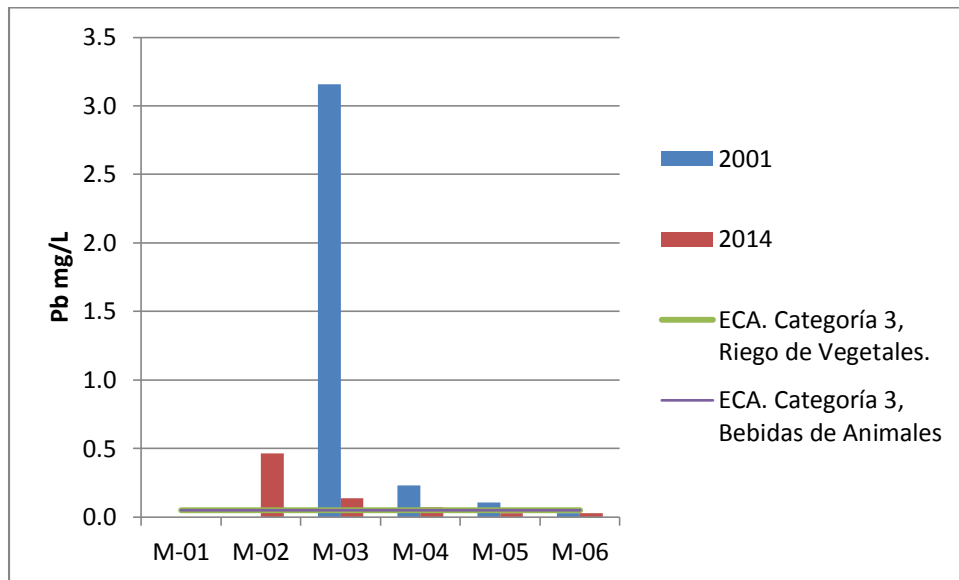
El metal manganeso en los años 2001 y 2014 tanto en época de avenida como de estiaje las concentraciones superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales. La variación del metal manganeso en época de avenida como de estiaje se sigue manteniendo a lo largo de los años, sin embargo las concentraciones en el año 2001 fueron muy altas llegando a picos de 50,480 mg/L en avenida y de 185,125 mg/L. En el año 2014, las concentraciones fueron reducidas llegando a picos de 2,998 mg/L en época de avenida y de 13,627 mg/L en época de estiaje, a pesar que las concentraciones fueron reducidas siguen superando el ECA.

GRÁFICO N° 40. VARIACIÓN DE PLOMO EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

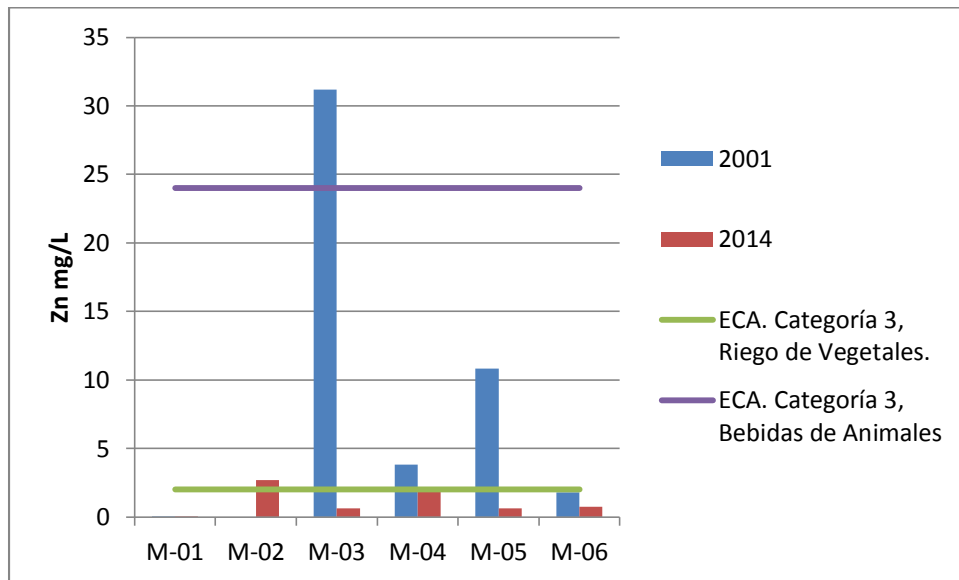
GRÁFICO N° 41. VARIACIÓN DE PLOMO EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

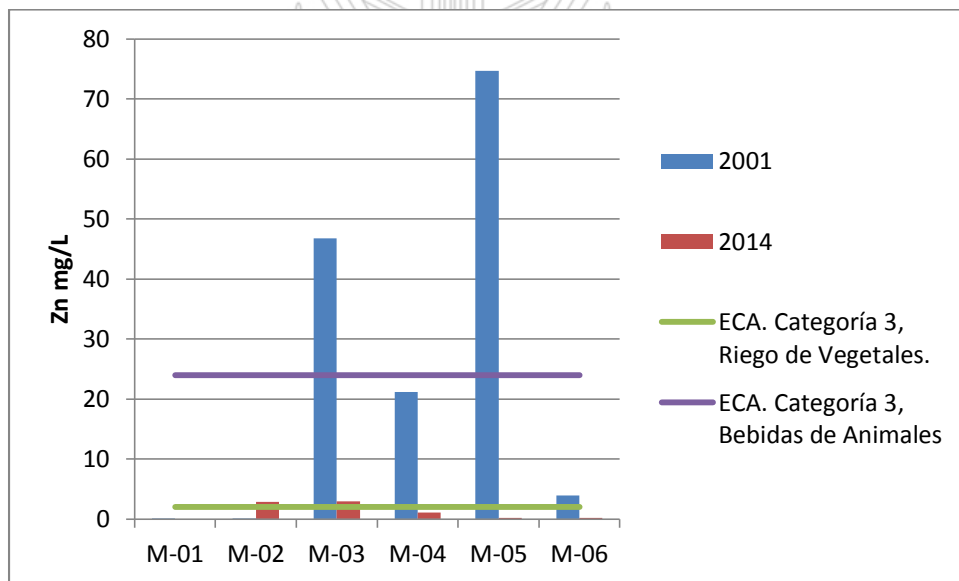
El metal plomo en los años 2001 y 2014 tanto en época de avenida como de estiaje han superado el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales. Sin embargo las concentraciones en el año 2001 fueron altas llegando a picos máximos de 2,026 mg/L en época de avenida y de 3,156 mg/L en época de estiaje. En el año 2014 las concentraciones disminuyeron, pero aún así las concentraciones superan el ECA, llegando a picos de 0,091 mg/L en época de avenida y de 0,463 mg/L en época de estiaje.

GRÁFICO N° 42. VARIACIÓN DE ZINC EN AVENIDA AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 43. VARIACIÓN DE ZINC EN ESTIAJE AÑOS 2001 Y 2014



Fuente: Elaboración propia

El metal zinc en el año 2001 (época de avenida) las estaciones M-03, M-04 y M-05 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales con picos de 31,170 mg/L en la estación M-03, mientras que la misma estación, superó el ECA. Categoría 3. Bebida de animales. En la época de estiaje las estaciones que superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales son: M-03, M-04, M-05 y M-06, llegando a su pico más alto de 74, 688 mg/L en la estación M-05, sin embargo las estaciones M-03 y M-05 superaron el ECA. Categoría 3. Bebida de animales.

En ésta investigación también ha considerado trabajar con dos parámetros microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y Coliformes totales que indican que el agua está contaminada con materia orgánica de origen fecal⁵⁰ ya sea por humanos o animales. En el área de estudio se han encontrado, que la presencia de estos indicadores no han ido decreciendo en los últimos años en un 80% a excepción del punto M-02, esto puede deberse a que no se ha puesto en marcha la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la municipalidad de Tinyahuarco, el cual se le da a las aguas residuales domésticas un tratamiento microbiológico mediante la desinfección con cloro.

Así también se trabajó con los siguientes parámetros físico-químicos: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad, cianuro WAD y aceites y grasas.

⁵⁰ Carlos Sierra R. (2011). *Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico*. Ediciones de la U. Colombia. Pág.

La contaminación puede cambiar el pH del agua, lo que a su vez puede dañar la vida animal y vegetal que existe en el agua. (Prat & Muné, 1999).

De los resultados del parámetro pH que en los años 2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2014 tanto en época de avenida como de estiaje, los valores de estos parámetros superaron el ECA para agua. Teniendo en cuenta que en el año 2014 se llegó a obtener pH 4,80 Und. pH en la estación M-03, época de estiaje.

En el año 2001 en temporada de estiaje para aceites y grasas, las estaciones M-01, M-02, M-03 y M-04 superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, mientras que en el año 2014 la estación M-02 superó el ECA. Categoría 3 con un valor de 8 mg/L.

La presencia de demanda bioquímica de oxígeno indica que hubo presencia de materia orgánica. La demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro que se maneja para tener una idea de la concentración en materia orgánica biodegradable, los valores de la demanda bioquímica de oxígeno son en promedio 2, lo cual indica según Orozco (2004), que se trata de aguas de pureza intermedia en lo que respecta a la presencia de materia orgánica.

Con respecto a los valores de conductividad eléctrica, se tienen valores bajos en comparación con el ECA para con valores de 2000 a 5000 us/cm, con lo que se puede concluir que hay una baja concentración de iones en disolución.

Para el parámetro cianuro WAD, hubo presencia en los años 2008, 2011 y 2014, superando el ECA que tiene como valor límite de mg/L.

La concentración de oxígeno disuelto depende de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos (Machado y Roldán, 1981) en Guerrero-Bolaño et al. (2003). La disminución del oxígeno disuelto en el agua debido a cambios de temperatura, salinidad o contenido de materia orgánica puede ser fatal para la mayoría de los organismos acuáticos (Roldan, 2003). Como se muestra en el punto M-06 (época de avenida), con un valor de 4,11 que no se encuentra en el rango del ECA. Categoría 3. Bebida de animales.



CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Para la determinación de la calidad de agua, se consideró los parámetros de las actividades productivas mineras que se desarrollan en un cuerpo natural de agua, establecidas en el D.S. 002-2008-MINAM (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua) y de acuerdo a los resultados de la data histórica obtenidos durante el periodo 2001 al 2011.

Donde se determinó los siguientes parámetros; microbiológico: Coliforme total y coliforme fecal. Físicoquímico: pH, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas y CN⁻ WAD. Elementos metálicos: As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn.

PARÁMETROS RECOMENDADOS PARA EL MONITOREO DE CUERPOS DE AGUAS NATURALES CONTINENTALES

ACTIVIDADES	PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARÁN EN LABORATORIO
	Categoría 3	
Mineras	pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.	Coliforme Total, Coliforme Termotolerante, DBO5, DQO, Aceites y Grasas, cloruros, bicarbonatos, sulfatos, sulfuros, Ca, carbonatos, CN ⁻ WAD, fenoles, fosfatos, Na, Al, As, Ba, B, Cd, Co, Cu, Cr ⁺⁶ , Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se y Zn.

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de Agua Superficial (2011), pág. 22.

- De la evaluación de las concentraciones de los elementos metálicos, físico-químicos y microbiológicos en el río San Juan, en los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca durante los años 2001 al 2011 y 2014, se concluyó;
 - Los metales pesados Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn superaron el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, sin embargo desde el periodo 2001 al 2011 las concentraciones de los metales pesados fueron muy altas a comparación del año 2014. Las estaciones donde se reporta concentraciones para todos los metales son, M-2, M-03, M-04, M-05 y M-06. Con respecto al As, en la época de avenida durante su periodo 2001 al 2011 se registró que hubo una disminución de concentraciones, confirmándolo con los resultados en el año 2014 que no superaron el estándar; sin embargo en la época de estiaje los resultados de As confirman que superó el estándar. Es decir, las concentraciones de los metales a lo largo de los años desde el 2001 al 2014 se han reducido en un 70% de los valores en el año 2001, siendo éstas las concentraciones más altas pero que aun así siguen superando el estándar de calidad.
 - Las concentraciones de los coliformes termotolerantes en época de avenida en los años 2001, 2003, 2004 y 2006, superaron el estándar en las estaciones M-03 y M-04, pero en el año 2014 las concentraciones del mismo no superaron el estándar, por lo que se verificó un disminución a lo largo de los años. Con respecto a los coliformes totales superaron el estándar en todos los años mencionados anteriormente. En época de estiaje tanto coliformes termotolerantes como totales superaron el

estándar en los años 2001, 2004, 2006 y 2014, en las estaciones M-02 y M-04. Es decir superaron en un 400% el ECA.

- Los parámetros fisicoquímicos; como el pH tanto en época de avenida como de estiaje durante su periodo 2001 – 2011 y 2014 no se encontraron dentro del rango estándar. Con respecto al parámetro aceites y grasas en los años 2001 (M-01, M-02, M-03 y M-04) y 2014 (M-02) en época de estiaje, superaron en un 150% el ECA. En la época de avenida no hubo presencia de aceites y grasas. El oxígeno disuelto sólo superó el estándar en la estación M-06 en el año 2014. En la época de avenida el CN Wad se verificó que había presencia y que superaron en un 200% el ECA en los años 2008, 2011 y 2014 en la estación M-04, en la época de estiaje durante el año 2014 las estaciones M-02, M-03 y M-04 superaron el estándar.

- Cabe destacar que las fuentes de contaminación identificadas fue la presencia de los pasivos ambientales en la quebrada Quiulacocha a 2 km, y en la quebrada andascancha (descarga de la empresa minera Sociedad Minera El Brocal), así como también también las descarga de las empresas mineras al cuerpo receptor. Asimismo se encontraron en los años 2001, 2004, 2006 y 2014 elevadas concentraciones de Coliformes totales (700%) y Termotolerantes (190%) con respecto al ECA en algunas estaciones de monitoreo, lo cual infiere la presencia de animales de campo de la zona, a la descarga de efluentes domésticos de unidades mineras.

Se plantea una alternativa de solución para mejorar la Gestión ambiental del recurso hídrico, las cuales aparecen detalladas en el capítulo V en el ítem 5.4.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Simón Bolívar, para disminuir las altas concentraciones de los coliformes termotolerantes y totales.
- Es también recomendable aplicar sistemas de tratamiento de aguas residuales como el Tanque séptico, que puede ser utilizado en poblaciones que generan un volumen diario de aguas residuales menores de 20m³ o de otras tecnologías no convencionales, en los centros poblados de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Huaraucaca que no cuentan con red de alcantarillado, ya que este tipo de tecnología requieren, por lo general, un gasto mínimo de energía así como mantenimiento simple.
- Las empresas mineras como es Aurex, Volcan y El Brocal deberían implementar una planta de tratamiento para sus aguas industriales, con la finalidad de mandar sus efluentes líquidos al medio ambiente cumpliendo con el estándar de calidad ambiental que exige el ministerio del Ambiente.
- Difundir los resultados de la presente investigación a los pobladores que viven en las inmediaciones del río San Juan; de tal manera, que pongan mayor interés en defensa del medio ambiente.
- Se recomienda que se haga un estudio socioambiental de la influencia de las aguas del río San Juan.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson Marcelo Manrique (2005). “Concentración de Metales Pesados en la Flora del Lago Junín, 2005” C de P - PERU. 69 pp.
2. Armas, C. (2002). CONCYTEC. Tecnología Ambiental. Primer Edición. Perú. 689 p.
3. Autoridad Nacional del Agua. (2011). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en cuerpos naturales de agua superficial.
4. Calla, H. (2010). Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras.
5. Carrea Castro, Wilmer A. (2011). Influencia del vertido del efluente líquido de la compañía minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan.
6. Chamorro & Vegas. (2003). Guía para el muestreo de la calidad del agua, SENAMHI. Pág. 4.
7. 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. pp. 205 – 215.
8. Decreto Supremo 012-2009- MINAM. Creación de la Política Nacional del Ambiente.
9. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Perfil Sociodemográfico del

departamento de Pasco.

10. Ley N° 26842 ley General de Salud (1997).
11. Ley N° 28611 Ley General del Ambiente (2005).
12. Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos (2009).
13. Ministerio de Energía y Minas del Perú y el Banco Interamericano de Desarrollo. (1998). Cuenca del Río Mantaro, Control Ambiental de las Actividades Mineras. Lima - Perú. pp 31.
14. Ministerio de Energía y Minas. (1993). Minería y Medio Ambiente. Un Enfoque Técnico – Legal de la Minería en el Perú. Lima – Perú. 181 pp.
15. Ministerio de Energía y Minas. (2008). Informe N° 045-2008-MEM-DGM/DTM. Pasivos Ambientales de origen minero en el río San Juan, Delta de Upamayo y parte norte del Lago Chinchaycocha según estudio de Water Management Consultants.
16. Ministerio de Salud. (2011). Área de vigilancia de la Calidad del Agua Río San Juan – Mantaro y Afluentes (2001-2011). Data histórica.
17. Orozco, C. (2004). Contaminación Ambiental: Una visión desde la química. Primera Edición. Thomson Editores. España. Pág. 655.
18. Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (2010). Informe N° 001-2010-MP. Informe integrado del monitoreo participativo de efluentes de las empresas ubicadas en la cuenca del río San Juan y parte del río Mantaro.
19. República de Honduras. Secretaría de Recursos Naturales y ambiente. Centro de Estudios y Control de contaminación CESCO (2007). Pág. 9, 10, 11, 73, 75 y

76.

20. Santos Flores J. (1997). Evaluación del Agua del Río San Juan en el Estado de Nueva León, 1997. TM Z5991 FCF 1997. F5

21. Sierra, C. (2011). Calidad del Agua. Primera Edición. Colombia. 457 p.

22. SVS Ingenieros. Febrero (2010). Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Ampliación de operaciones a 18 000 TMD. Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

23. Quispe Salazar, S. (1997). Calidad del Agua de los Ríos: Aynamayo, Puntayacu, Chanchamayo y Perené, correspondientes a la provincia de Chanchamayo.

