



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

CONTRASTAJE DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA ENTRE LOS AÑOS
2009 Y 2018 MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS: PARTE
ALTA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE (SECTOR RESERVA PAISAJÍSTICA
NOR- YAUYOS COCHAS)

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Raborg Villegas, Clarajulia

Asesor:

Alva Velasquez, Miguel
(ORCID: 0000-0002-0750-1671)

Jurado:

Rojas León, Gladys
Guillen Leon, Rogelia
Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima - Perú

2021



Referencia:

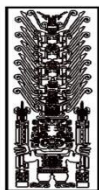
Raborg Villegas, C. (2021). *Contrastaje de la calidad biológica del agua entre los años 2009 y 2018 mediante macroinvertebrados bentónicos: parte alta de la cuenca del Río Cañete (sector Reserva Paisajística Nor-Yauyos Cochas)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5195>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO

CONTRASTAJE DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA ENTRE
LOS AÑOS 2009 Y 2018 MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS: PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
(SECTOR RESERVA PAISAJÍSTICA NOR- YAUYOS COCHAS)

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Raborg Villegas, Clarajulia

Asesor:

Alva Velasquez, Miguel

(ORCID: 0000-0002-0750-1671)

Jurado:

Rojas León, Gladys

Guillen Leon, Rogelia

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

A mis abuelos: Julia y Juan, por su dedicación y apoyo desde mi niñez.

A mis padres: Julia y José, por su honestidad perseverancia y solidaridad.

Agradecimiento

*Al ser Supremo, quién ha actuado en mi vida a través de situaciones, personas y me ha
brindado muchas bendiciones.*

*Al Mg Sc. César Augusto Muñoz Ortega y al Dr. Miguel Alva Velázquez por haberme
brindado su orientación y apoyo con la revisión del presente trabajo de investigación.*

*A mis informantes, Dr. Gómez Lora, Dr. Galarza Zapata, Dr. Benigno Paulo y al Dr.
Arguedas Madrid por sus sugerencias y su disposición.*

A mi familia por su paciencia, persistencia y apoyo incondicional para seguir adelante.

Especialmente, a mi madre por su comprensión, amor y paciencia.

*A mis amigos, quienes siempre confiaron en mí y me motivaron siempre con sus palabras de
aliento.*

*A las autoridades de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC) del Servicio de
Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) por brindarme las facilidades pertinentes para el
desarrollo de la presente investigación.*

Índice

Índice.....	4
Resumen.....	21
Abstract.....	22
I. Introducción.....	23
1.1. Descripción y formulación del problema.....	24
1.1.1. Descripción del problema.....	24
1.1.2. Formulación del problema.....	26
1.2. Antecedentes.....	27
1.2.1. En el ámbito nacional.....	27
1.2.2. En el ámbito internacional.....	30
1.3. Objetivos.....	31
1.3.1. Objetivo general.....	31
1.3.2. Objetivos específicos.....	31
1.4. Justificación.....	31
1.5. Hipótesis.....	33
1.5.1. Hipótesis general.....	33
1.5.2. Hipótesis específicas.....	33
II. Marco Teórico.....	35
2.1. Bases Teóricas.....	35
2.1.1. Ríos.....	35
2.1.2. Calidad del agua.....	35
2.1.3. Parámetros biológicos de calidad de agua.....	35
2.1.4. Calidad biológica.....	35

2.1.5. Hábitat acuático	36
2.1.6. Daños causados por el hombre en los ecosistemas acuáticos.....	37
2.1.7. Contaminación del agua	41
2.1.8. Bioindicador o indicador biológico	41
2.1.9. Perturbaciones a la estructura de la comunidad	43
2.1.10. Perturbaciones no perceptibles	43
2.1.11. Biomarcadores	43
2.1.12. Macroinvertebrados acuáticos	44
2.1.13. Ventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos	47
2.1.14. Desventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos.....	49
2.1.15. Clasificación de macroinvertebrados acuáticos.....	49
2.1.16. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos	53
2.1.17. Adaptaciones a la vida en el agua.....	55
2.1.18. Índices de diversidad y riqueza	58
2.1.19. Índices bióticos.....	62
2.1.20. Monitoreo biológico o biomonitoreo.....	72
2.1.21. Parámetros no conservativos de calidad de agua superficial.....	72
2.1.22. Parámetros conservativos de calidad de agua superficial.....	72
2.1.23. Variables físico-químicas	73
2.1.24. Variables microbiológicas	79
III. Método.....	81
3.1. Tipo de investigación	81
3.1.1. Tipo y nivel de la investigación.....	81
3.1.2. Nivel de la investigación	81
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	81

3.3. Variables.....	81
3.4. Población y muestra	82
3.5. Instrumentos	91
3.6. Procedimientos	93
3.6.1. Muestreo físico-químico y microbiológico	94
3.6.2. Muestreo de macroinvertebrados bentónicos	95
3.7. Análisis de Datos.....	99
3.7.1. Características del área de estudio	99
3.7.1.1. Ubicación	99
3.7.1.2. Accesibilidad.....	101
3.7.1.3. Clima y meteorología	101
3.7.2. Geología	103
3.7.3. Geomorfología	113
3.7.4. Suelos	117
3.7.5. Recursos hídricos superficiales	117
3.7.6. Zonas de vida	124
3.7.7. Cobertura vegetal	127
3.7.8. Formaciones vegetales	129
3.7.9. Actividades humanas.....	130
IV. Resultados	157
4.1. Calidad biológica actual	157
4.1.1. Resultados del muestreo de macroinvertebrados	157
4.1.2. Cálculo de índices de diversidad biológica	158
4.1.3. Cálculo de índices bióticos.....	163
4.1.4. Resultados del muestreo físico-químico y microbiológico	164

4.2. Índices de diversidad biológica correspondientes al año 2009	183
4.3. Índices Bióticos correspondientes al año 2009	185
4.4. Prueba de Hipótesis	193
V. Discusión de resultados	194
VI. Conclusiones	276
VII. Recomendaciones	278
VIII. Referencias	280
IX. Anexos.....	293
Anexo A Antecedentes de muestreos	293
Anexo B Autorización de ingreso.....	294
Anexo C Panel fotográfico.....	297
Anexo D Ficha de monitoreo.....	302
Anexo E Ensayo de laboratorio	304
Anexo F Diagrama de parámetros físico-químicos	305

Índice de tablas

Tabla 1 Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en los ecosistemas fluviales.....	46
Tabla 2 Atributos potenciales de los macroinvertebrados bénticos para evaluar la condición biológica del agua de ríos.	48
Tabla 3 Dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas estancadas y de baja calidad.....	50
Tabla 4 Macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua.....	51
Tabla 5 Interpretación de la diversidad de Shannon - Wiener (H').....	60
Tabla 6 Valores de tolerancia a la contaminación de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación del IBF	63
Tabla 7 Clasificación de la calidad del agua según el IBF	65
Tabla 8 Identificación de calidad de agua en función del índice EPT.....	66
Tabla 9 Valores de sensibilidad a la contaminación establecidos por el índice BMWP/Col ..	67
Tabla 10 Clases de calidad de agua, valores BMWP.....	69
Tabla 11 Puntuaciones del Andean Biotic Index (ABI) (Rios et al., en prep.) para las familias de macroinvertebrados acuáticos de los Andes Tropicales distribuidos desde los 2000 m s.n.m hasta el límite con las nieves perpetuas.	70
Tabla 12 Cálculo de la calidad de agua mediante el ABI.....	72
Tabla 13 Variables e indicadores del estudio	81
Tabla 14 Coordenadas de las estaciones de muestreo	85
Tabla 15 Requisitos para toma de muestras de agua y preservación.....	95
Tabla 16 Ruta de Acceso desde la ciudad de Lima	101
Tabla 17 Ecuaciones regionales de temperatura vs altitud	102
Tabla 18 Columna estratigráfica – formaciones geológicas	104

Tabla 19 Centros poblados circunscritas en el área de estudio.....	131
Tabla 20 Vertimientos domésticos consignados en el informe ANA – mayo 2013.....	132
Tabla 21 Parámetros físicos evaluados y contenidos en el informe ANA – mayo 2013.....	134
Tabla 22 Evaluación de calidad de agua superficial ANA – junio 2013.....	136
Tabla 23 Fuentes contaminantes en la cuenca del río Cañete – diciembre 2014.....	137
Tabla 24 Ubicación y descripción de los puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas identificados en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014.....	138
Tabla 25 Ubicación y descripción de los puntos de vertimiento a la infraestructura de riego y drenaje agrícola identificados en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014.....	139
Tabla 26 Ubicación de los botaderos de residuos sólidos domésticos identificados en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014.....	139
Tabla 27 Ubicación y descripción de las fuentes contaminantes directas por descarga al cauce en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014.....	139
Tabla 28 Descripción y ubicación de las fuentes contaminantes indirectas por infiltración identificadas en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014.....	141
Tabla 29 Descripción y ubicación de los vertimientos autorizados – diciembre 2014 y diciembre 2015.....	141
Tabla 30 Evaluación de calidad de agua superficial ANA – diciembre 2014.....	147
Tabla 31 Evaluación de calidad de agua superficial ANA – diciembre 2015.....	148
Tabla 32 Unidades y/o proyectos mineros en el área de estudio.....	151
Tabla 33 Listado taxonómico de macroinvertebrados bentónicos registrados en el área de estudio.....	157
Tabla 34 Índices de diversidad, dominancia y equidad en las estaciones de muestreo.....	163
Tabla 35 Índices de bióticos calculados en las estaciones de muestreo – magnitudes e interpretación de la calidad biológica del agua.....	164

Tabla 36 Concentración de metales totales en las estaciones de muestreo.....	180
Tabla 37 Macroinvertebrados muestreados en la estación NOR-HB-03 (2009).....	184
Tabla 38 Macroinvertebrados muestreados en NOR HB4 (2009).....	184
Tabla 39 Macroinvertebrados muestreados en la estación NOR-HB-06 (2009).....	185
Tabla 40 Índices de bióticos calculados en las estaciones de muestreo– magnitudes e interpretación de la calidad biológica del agua (2009)	186
Tabla 41 Especies de macroinvertebrados por estación de muestreo - marzo 2018.....	187
Tabla 42 Comparación entre valores del índice de diversidad (2009 -2018)	189
Tabla 43 Comparación de los índices bióticos EPT, IBF, BMWP y ABI (2009 -2018).....	190
Tabla 44 Comparación de macroinvertebrados bentónicos entre el año 2009 y 2018	191
Tabla 45 Informes de monitoreo de calidad de agua superficial – ANA.....	195
Tabla 46 Puntos de monitoreo de la cuenca del río Cañete – mayo 2013	195
Tabla 47 Puntos de muestreo de la calidad de agua en la cuenca del río Cañete – junio 2013	196
Tabla 48 Puntos de monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Cañete – diciembre 2014 y diciembre 2015.....	197
Tabla 49 Estaciones del ANA seleccionadas para comparación con las estaciones del presente trabajo de investigación	206
Tabla 50 Temperatura (°C) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	207
Tabla 51 Oxígeno disuelto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	208
Tabla 52 Conductividad eléctrica (µS/cm) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	209
Tabla 53 Potencial hidrógeno en el agua superficial de las estaciones de muestreo	210
Tabla 54 Coliformes fecales (NMP/100mL) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	211

Tabla 55 Sólidos suspendidos totales (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	212
Tabla 56 Concentración de nitrógeno total (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	213
Tabla 57 Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	214
Tabla 58 Concentración de sulfuros (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	215
Tabla 59 Demanda química de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	216
Tabla 60 Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	217
Tabla 61 Cianuro wad (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	218
Tabla 62 Concentración de cianuro libre en la laguna Pacocha y el embalse Paucarcocha ..	219
Tabla 63 Nitratos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de Monitoreo	220
Tabla 64 Fosfatos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	221
Tabla 65 Aceites y grasas (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	222
Tabla 66 Aluminio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	223
Tabla 67 Antimonio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	224
Tabla 68 Arsénico (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	225
Tabla 69 Bario (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	226
Tabla 70 Berilio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	227
Tabla 71 Boro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	228
Tabla 72 Calcio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	229
Tabla 73 Cadmio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	230

Tabla 74 Cobalto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	231
Tabla 75 Cromo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	232
Tabla 76 Cobre (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	233
Tabla 77 Fósforo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	234
Tabla 78 Hierro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	235
Tabla 79 Litio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	236
Tabla 80 Magnesio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	237
Tabla 81 Manganeso (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	238
Tabla 82 Mercurio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	239
Tabla 83 Molibdeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	240
Tabla 84 Níquel (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	241
Tabla 85 Plata (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	242
Tabla 86 Plomo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	243
Tabla 87 Selenio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	244
Tabla 88 Sodio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	245
Tabla 89 Zinc (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	246
Tabla 90 Resultados de calidad de agua superficial que exceden los ECA categoría 4: Conservación del hábitat acuáticos - Lagos, lagunas y ríos.....	247
Tabla 91 Informes de monitoreo de calidad de agua superficial – OEFA.....	248
Tabla 92 Estaciones de muestreo correspondientes al informe OEFA 2013 del 17 al 21 de diciembre del 2012.....	248
Tabla 93 Estaciones de referencia del Informe OEFA 2013 seleccionadas para su comparación con las estaciones de muestreo del presente trabajo de investigación	252
Tabla 94 Resultados de calidad de agua superficial de acuerdo al informe N° 084-2013.....	253
Tabla 95 Estaciones de muestreo correspondientes al Informe OEFA 2015.....	254

Tabla 96 Estaciones de referencia del informe OEFA 2015 seleccionadas para comparación con las estaciones del presente trabajo de investigación	258
Tabla 97 Resultados de calidad de agua superficial de acuerdo al informe N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA.....	258
Tabla 98 Estaciones de muestreo de calidad de agua correspondientes al informe OEFA 2016	259
Tabla 99 Estaciones de muestreo de sedimentos correspondientes al informe OEFA 2016	261
Tabla 100 Estaciones de muestreo correspondientes al informe OEFA 2016.....	265
Tabla 101 Resultados de calidad de agua superficial de acuerdo al informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA.....	265
Tabla 102 Resultados de calidad de sedimentos de acuerdo al informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA.....	266
Tabla 103 Resumen de los componentes evaluados y los resultados obtenidos del informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA	268
Tabla 104 Coordenadas de los puntos de muestreo de calidad de agua para consumo humano en la cuenca del río Cañete	269
Tabla 105 Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua para uso agrícola en la cuenca del río Cañete	269
Tabla 106 Resultados fisico-químicos de agua superficial para consumo humano en la cuenca del río Cañete	271
Tabla 107 Resultados fisico-químicos de agua superficial de uso agrícola en la cuenca del río Cañete	271

Índice de figuras

Figura 1 Niveles de organización y uso de indicadores biológicos	42
Figura 2 Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático	53
Figura 3 Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático	54
Figura 4 Macroinvertebrados representantes del bentos en un ecosistema acuático	55
Figura 5 Adaptaciones de los macroinvertebrados acuáticos a la respiración hidropnéustica	56
Figura 6 Adaptaciones de los macroinvertebrados acuáticos a la respiración aeropnéustica ..	57
Figura 7 Mapa de estaciones de muestreo	90
Figura 8 Mapa de ubicación.....	100
Figura 9 Ecuación regional precipitación vs altitud	102
Figura 10 Mapa de geología	112
Figura 11 Mapa de geomorfología.....	116
Figura 12 Diagrama fluvial de la cuenca del río Cañete.....	119
Figura 13 Curva hipsométrica e histograma de frecuencia – subcuenca Tanta.....	122
Figura 14 Curva hipsométrica e histograma de frecuencia – subcuenca Alis	122
Figura 15 Curva hipsométrica e histograma de frecuencia – subcuenca Laraos	123
Figura 16 Mapa de zonas de vida	126
Figura 17 Mapa de cobertura vegetal.....	128
Figura 18 Representación de los vertimientos ANA 2013 en google earth.....	133
Figura 19 Representación de la ubicación de los vertimientos de aguas residuales domésticas ANA 2014 en google earth	143
Figura 20 Representación de los puntos de descarga directa de aguas residuales domésticas a los ríos.....	144
Figura 21 Representación de los puntos de infiltración de aguas residuales domésticas a los ríos.....	145

Figura 22 Representación de los puntos de vertimiento autorizados a los ríos	146
Figura 23 Mina artesanal de carbón en Yauyos (Cañete)	152
Figura 24 Línea de tiempo de los instrumentos de gestión ambiental de Yauricocha.....	153
Figura 25 Línea de tiempo de los instrumentos de gestión ambiental de San Valentín	155
Figura 26 Riqueza porcentual por clase taxonómica	158
Figura 27 Riqueza de especies (S) de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo	159
Figura 28 Abundancia (N) de los macroinvertebrados bentónicos por estaciones de muestreo	160
Figura 29 Valores del índice de diversidad de Shannon (H') en las estaciones de muestreo	161
Figura 30 Valores del índice de dominancia de Simpson (1-D) en las estaciones de muestreo	162
Figura 31 Valores del Índice de equidad de Pielou (J') en las estaciones de muestreo.....	162
Figura 32 Temperatura media (°C) en las estaciones de muestreo	165
Figura 33 Potencial hidrógeno (pH) en las estaciones de muestreo	167
Figura 34 Conductividad eléctrica (µS/cm) en las estaciones de muestreo.....	168
Figura 35 Oxígeno disuelto (mg/L) en las estaciones de muestreo	169
Figura 36 Caudales registrados en las estaciones de muestreo	170
Figura 37 Cianuro total registrado en las estaciones de muestreo	171
Figura 38 Cromo hexavalente registrado en las estaciones de muestreo.....	172
Figura 39 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) registrado en las estaciones de muestreo	173
Figura 40 Demanda Química de Oxígeno (DQO) registrado en las estaciones de muestreo	174
Figura 41 Concentración de fosfatos registrado en las estaciones de muestreo	175
Figura 42 Concentración de nitratos registrado en las estaciones de muestreo.....	176

Figura 43 Concentración de sólidos totales suspendidos registrada en las estaciones de muestreo.....	178
Figura 44 Concentración de coliformes totales registrada en las estaciones de muestreo.....	183
Figura 45 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación NOR HB6	199
Figura 46 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación NOR HB3	200
Figura 47 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a las estaciones de la presente investigación NOR HB4 y MA-07.....	201
Figura 48 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación MA-05	202
Figura 49 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación MA-02	203
Figura 50 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a las estaciones de la presente investigación MA-04, MA-03 y MA-01.....	204
Figura 51 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a las estaciones de la presente investigación MA-04 y MA-03	205
Figura 52 Temperatura (°C) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	207
Figura 53 Oxígeno disuelto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	208
Figura 54 Conductividad eléctrica (µS/cm) en el agua superficial de las estaciones de muestreo	209
Figura 55 Potencial hidrógeno en el agua superficial de las estaciones de muestreo	210
Figura 56 Coliformes fecales (NMP/100mL) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	211

Figura 57 Sólidos suspendidos totales (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	212
Figura 58 Concentración de nitrógeno total (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	213
Figura 59 Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	214
Figura 60 Concentración de sulfuros (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	215
Figura 61 Demanda química de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	216
Figura 62 Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo.....	217
Figura 63 Cianuro wad (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	218
Figura 64 Concentración de cianuro libre en la laguna Pacocha y el embalse Paucarcocha.	219
Figura 65 Nitratos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	220
Figura 66 Fosfatos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	221
Figura 67 Aceites y grasas (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	222
Figura 68 Aluminio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	223
Figura 69 Antimonio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	224
Figura 70 Arsénico (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	225
Figura 71 Bario (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	226
Figura 72 Berilio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	227
Figura 73 Boro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	228
Figura 74 Calcio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	229
Figura 75 Cadmio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	230

Figura 76 Cobalto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	231
Figura 77 Cromo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	232
Figura 78 Cobre (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	233
Figura 79 Fósforo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	234
Figura 80 Hierro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	235
Figura 81 Litio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	236
Figura 82 Magnesio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	237
Figura 83 Manganeso (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	238
Figura 84 Mercurio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	239
Figura 85 Molibdeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	240
Figura 86 Níquel (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	241
Figura 87 Plata (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	242
Figura 88 Plomo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	243
Figura 89 Selenio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo.....	244
Figura 90 Sodio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	245
Figura 91 Zinc (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo	246
Figura 92 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, OEFA 2013 y las de la presente investigación	250
Figura 93 Cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con la estación de la presente investigación (NORHB6)	251
Figura 94 Cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con las estaciones de la presente investigación (MA-06, NORHB3, NORHB4, MA-05, MA-07 y MA-02)	251
Figura 95 Cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con las estaciones de la presente investigación (MA-01 al MA-05).....	252

Figura 96 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, OEFA 2015.	256
Figura 97 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2015 con relación a la estación de la presente investigación MA-07.....	257
Figura 98 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2015 con relación a las estaciones de la presente investigación MA-05 y NOR HB 4.....	257
Figura 99 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, OEFA 2016.	263
Figura 100 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2016 con relación a las estaciones de la presente investigación MA-02 y MA-05.....	264
Figura 101 Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2016 con relación a las estaciones de la presente investigación MA-07.....	264

Resumen

El objetivo fue establecer si se ha producido un cambio en la calidad biológica del agua entre los años 2009 y 2018 mediante macroinvertebrados bentónicos en la parte alta de la cuenca del río Cañete sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (RPNYC), considerando la sensibilidad de estos organismos a las alteraciones físicas, químicas o microbiológicas del agua. Este contrastaje se efectuó mediante la comparación entre la data de tres estaciones de evaluación hidrobiológica del Inventario y Evaluación del Patrimonio Natural (IEPN) en el RPNYC correspondiente al mes de marzo del año 2009 y la data obtenida del muestreo realizado en las mismas estaciones del año 2018. Esta última data se obtuvo de la recolección de macroinvertebrados bentónicos y del monitoreo de variables físico-químicas y microbiológicas. Luego, se aplicaron los índices bióticos EPT, IBF, BMWP y ABI, se incluyó y analizó data de parámetros físico - químicos provenientes de informes técnicos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) a fin de dar mayor solidez al estudio efectuado. Los resultados obtenidos indican que se ha registrado un cambio en la calidad biológica del agua en la parte alta del río Cañete en el sector RPNYC, lo que ha quedado evidenciado por la disminución del índice de biodiversidad de Shannon – Wiener y por el valor de los índices bióticos calculados para cada una de las estaciones de muestreo.

Palabras clave: macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos, calidad biológica del agua.

Abstract

The objective was to establish if there has been a change in the biological quality of the water between 2009 and 2018 through benthic macroinvertebrates in the upper part of the Cañete river basin, Nor-Yauyos Cochas Landscape reserve (NYCLR), considering the sensitivity of these organisms to the physical, chemical or microbiological alterations of the water. This contrast was carried out by comparing the data of three hydrobiological evaluation stations of the inventory and evaluation of the natural heritage in the NYCLR corresponding to the month of March of the year 2009 and the data obtained from the sampling carried out in the same stations of the year 2018. This The last data was obtained from the collection of benthic macroinvertebrates and the monitoring of physical-chemical and microbiological variables. Then, the biotic indices EPT, IBF, BMWP and ABI were applied, data of physical-chemical parameters from technical reports of the National Water Authority (NWA) and the Environmental Assessment and Enforcement Agency (EAE) were included and analyzed to in order to give more solidity to the study carried out. The results obtained indicate that there has been a change in the biological quality of the water in the upper part of the Cañete River in the NYCLR sector, which has been evidenced by the decrease in the Shannon - Wiener biodiversity index and by the value of the Biotic indices calculated for each of the sampling stations.

Key words: benthic macroinvertebrates, biotic indices, biological water quality.

I. Introducción

Ruíz et al. (2017) precisa que los ríos son considerados sistemas integradores que reflejan los procesos físicoquímicos y biológicos que se llevan a cabo en su cuenca de captación y presentan un flujo constante de materia y energía. Esto se debe a su conectividad y a las interacciones con su cuenca de captación y la atmósfera.

Hurtado et al. (2005) afirman que los ríos se han convertido en lugares de desechos domésticos e industriales, lo que ocasiona un aumento en su contaminación y con ello, un cambio químico tanto en el agua como en el sedimento.

Los ecosistemas fluviales en los últimos años se han ido deteriorando en forma severa, debido al mal manejo a que son sometidas en las actividades antrópicas, lo que ha dado como resultado una pérdida de la calidad del agua. Conviene mencionar, que entre las actividades que más afectan a los cuerpos de agua sobresalen la explotación forestal, las actividades agropecuarias, minería, el aprovechamiento como recurso energético y acciones como la deforestación, el vertido de desechos industriales, las aguas residuales no tratadas de la zona urbana.

En el Perú, mediante la normatividad ambiental, la aplicación de la ciencia y tecnología se está mejorando la gestión de los recursos hídricos, y la calidad del agua. El uso de bioindicadores para determinar la calidad del agua es una técnica muy desarrollada en Europa, sin embargo, el empleo de los biomonitoreos hidrobiológicos y las evaluaciones ecológicas aún no están contempladas dentro de la normatividad nacional, como herramienta de gestión de la calidad del agua, además, la información que se tiene disponible al respecto es escasa.

A nivel mundial en la Unión Europea, la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE, DMA), recomienda de forma clara el control de la calidad de los ecosistemas

acuáticos mediante métodos biológicos, destacando entre ellos, la utilización de los macroinvertebrados.

Las comunidades acuáticas, que conforman los ecosistemas fluviales, actúan como testigos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales siendo los macroinvertebrados bentónicos uno de los grupos de organismos que actúan como indicadores de la calidad de agua (Jaramillo, 2006).

En el presente trabajo de investigación se ha efectuado el muestreo de macroinvertebrados bentónicos y el análisis físico-químico durante marzo del 2018 en 10 estaciones ubicadas en la RPNYC en el sector que corresponde a la cuenca alta del río Cañete. Posteriormente, se aplicaron los índices bióticos y se hizo el contrastaje entre los valores obtenidos en las tres estaciones de muestreo hidrobiológico consideradas en el IEPN en la RPNYC, realizado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) el año 2009 y los obtenidos en el 2018 de las mismas estaciones.

Finalmente, el presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de la calidad biológica del agua de la RPNYC, correspondiente al sector de la cuenca alta del río Cañete, a fin de establecer acciones racionales y sostenidas para el manejo ecológico de la RPNYC.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En los últimos años, el concepto de la calidad de las aguas ha ido cambiando de un enfoque físicoquímico a otro que integre todos los componentes del ecosistema (Lozano, 2005, p.8).

La evaluación de la calidad del agua, a menudo es diagnosticada a través de análisis físicoquímicos y bacteriológicos (Roldán, 2003; Paredes et al., 2005), que solamente proporcionan información puntual e indirecta; actualmente existen índices bióticos que al

adaptarlos a diferentes regiones se convierten en herramientas efectivas para evaluar íntegramente la calidad ecológica de un río (Mafla, 2005).

La calidad biológica del agua mide la calidad del medio acuático, basándose en los organismos que lo habitan. Por ello, es importante controlar la calidad del agua, ya que, es el medio acuático que acoge a un ecosistema.

Los ecosistemas fluviales se encuentran amenazados por causas de origen natural y humano. La primera se deriva del cambio climático que viene provocando el retroceso de los glaciares y las características hidro-morfológicas y la segunda se debe a la contaminación del agua provocada por las actividades domésticas, agrícolas e industriales.

El deterioro de los ecosistemas fluviales, contribuye, a la pérdida de flora, fauna y finalmente, puede manifestarse en la pérdida de la calidad del paisaje.

La RPNYC se ubica en la parte alta de la cuenca Cañete y de la cuenca Pachacayo en la sierra de Lima y alberga ecosistemas de gran belleza y singularidad. En la cuenca alta del río Cañete se ubican centros poblados, así como proyectos minero-metalúrgicos, cuyos efluentes, podrían estar alterando las condiciones de la calidad de agua. El objetivo de la RPNYC es la conservación de los cuerpos de agua de la cuenca alta del río Cañete, que constituyen una fuente importante de agua para la parte media y baja de la cuenca en donde se localizan importantes proyectos ganaderos, agrícolas y de generación de energía. Además, de que la cuenca Cañete es una de las principales tributarias de la vertiente del Pacífico (MINAM, 2011).

La jefatura de la RPNYC realiza el monitoreo de parámetros de campo, sin embargo, los equipos no se encuentran calibrados lo que impide que los resultados puedan ser validados. Por ello, es necesario, realizar el monitoreo de variables físico-químicas y microbiológicas, acompañado del biomonitoreo utilizando a los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores por ser un método simple, de bajo costo y a que permite la

estimación e interpretación de los impactos ecológicos de la contaminación en un largo período.

Es necesario realizar una actualización de la calidad de agua dentro de la RPNYC para conocer si esta ha sido alterada en el transcurso del tiempo y poder plantear propuestas para la restauración de la parte alta de la cuenca Cañete, de esa forma garantizar la salud de los ecosistemas.

1.1.2. Formulación del problema

Problema principal

¿El contrastaje de la data de macroinvertebrados bentónicos entre los años 2009 y 2018 de la parte alta de la cuenca del río Cañete- Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, puede determinar si se han producido cambios en la calidad biológica del agua?

Problemas secundarios

- **PS1:** ¿Cómo es la calidad biológica del agua en las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Cañete en el año 2018, dentro del Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas?
- **PS2:** ¿Ha variado el valor de los índices de biodiversidad entre los años 2009 y 2018, en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica del agua, consideradas en el sector de la cuenca alta del río Cañete dentro del Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas?
- **PS3:** ¿Ha variado el valor de los índices bióticos entre los años 2009 y 2018, en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua, consideradas en el sector de la cuenca alta del río Cañete dentro del Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas?

1.2. Antecedentes

La calidad biológica del agua que conforma un ecosistema acuático es un asunto importante para la conservación de la biodiversidad, se han desarrollado algunas investigaciones respecto a esta temática en la parte alta de la cuenca Cañete, así como otras orientadas a la calidad biológica mediante índices bióticos.

1.2.1. En el ámbito nacional

Dirección General de Aguas y Suelos del **Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)**, 2001), Administración Técnica del Distrito de Riego Mala-Omas-Cañete (ATDR-Mala-Omas-Cañete) en Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Cañete, sostiene:

El objetivo fue generar las bases para la planificación y gestión integral de los recursos hídricos en la cuenca del río Cañete se puso énfasis en el uso eficiente de los recursos hídricos; promoviendo así su manejo eficiente, racional y equitativo.

MINAM (2009) con apoyo del SERNANP y Fondo de Promoción de la Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONANPE), en el IEPN en la RPNYC se precisa que:

Se estableció ocho (08) puntos de evaluación hidrobiológica en algunos cuerpos de agua, NOR HB1 y NOR HB2, en las lagunas Pumacocha y Papacocha, NOR HB 5 en un bofedal en el distrito de Tanta, NOR HB 7 y NOR HB 8 en los ríos Piñascocha y Pachacayo, y las estaciones NOR HB 3, NOR HB 4 y NOR HB 6 en el río Cañete (Huancaya), en el río Alis (Alis) y río Cañete (Tanta), respectivamente, utilizando posteriormente el índice biológico EPT. Se concluyó que la calidad de agua era de calidad regular a mala.

Acosta (2009) en su tesis *Estudio de la Cuenca Altoandina del río Cañete (Perú): Distribución Altitudinal de la Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos y Caracterización Hidroquímica de sus Cabeceras Cársticas* indica que:

Se reconocieron los patrones de distribución de la comunidad de macroinvertebrados en la cuenca andina del río Cañete en un amplio gradiente altitudinal y longitudinal (entre los 2500 a 4400 msnm) y se determinaron las variables ambientales que definen la diversidad de la composición y distribución de la comunidad de macroinvertebrados a lo largo del gradiente longitudinal estudiado, considerando los cuerpos de agua en condiciones naturales (con nula o poca intervención antrópica).

Mercedes (2009) en su tesis *Estudio de Calidad de Agua usando como bioindicadores a Macroinvertebrados Bentónicos en Canta – Río Chillón* se precisa que:

Se determinó la calidad de agua mediante la aplicación de los índices IBF, EPT, BMWP', BMWP/col para lo cual se utilizó como bioindicadores a los macroinvertebrados bentónicos, además, determinó la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados y la relación con los parámetros físico – químicos, finalmente, identificó la condición de contaminación que presentan las aguas del río.

Pimentel (2014), en su tesis *Análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo; usando Macroinvertebrados Bentónicos en ríos Altoandinos. Camisea 2009-2012*, su objetivo indica:

Analizar y comparar las tres herramientas, evaluar la calidad ambiental del agua, identificar las variables clave y los atractores por los que pasa el sistema. Se analizaron datos de parámetros biológicos, físicos y químicos provenientes del Programa de Monitoreo Biológico del proyecto Camisea, obtenidos durante un período de cuatro años del sector sierra, ubicadas en los ríos Pampas, Yucay, Torobamba, Alfarpampa y Comunmayo.

Ruiz (2015) en su tesis *Evaluación de la Calidad de Agua mediante Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores en el Río Yanayacu – Ancash*, indica que:

Se determinó la calidad de agua del río Yanayacu, mediante el estudio de macroinvertebrados béntonicos como bioindicadores que detecten si existen alteraciones físicas o químicas en el agua, asimismo determinar, que variables ambientales son las que definen las variaciones de los macroinvertebrados bentónicos y analizar si existe alguna diferencia en el estudio de estos organismos en época de estiaje y época de avenidas. Se concluyó, que en este caso el Índice Biótico Andino (ABI, siglas en inglés) determinado no posee correlaciones altamente significativas con las variables ambientales.

Loayza (2016), en el *estudio Macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en el Parque Nacional Huascarán*, se llevó el reconocimiento de macroinvertebrados bentónicos en forma participativa y se determinó la calidad biológica del agua, mediante la aplicación del bioindicador ABI.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2015), en el *Informe de visita de reconocimiento y toma de parámetros in situ en agua superficial realizado en los distritos de Tomas, Alis y Miraflores, provincia de Yauyos, departamento de Lima*, precisa que:

A raíz de la denuncia por parte de la población de Huancachi, por la muerte de truchas, se planteó un monitoreo ambiental de agua en catorce (14) puntos basado en parámetros in situ y visita de reconocimiento, el ámbito de monitoreo fue en la microcuenca del río Alis y sus aportantes (laguna Acococha, quebradas Chumpe, Huacuypacha y Machay y ríos Shinhua, Tinco y Sunca), hasta la confluencia con el río Cañete, en los distritos de Alis, Tomas y Miraflores, provincia de Yauyos, departamento de Lima. Se midieron el pH, conductividad, oxígeno disuelto. Los parámetros se encontraron dentro de los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas.

OEFA (2016), en su *Informe de monitoreo ambiental de calidad de agua y sedimentos en la cuenca del río Cañete* realizado del 7 al 13 de junio de 2016, en los distritos de Tomas, Alis, Miraflores y Carania, provincia de Yauyos, departamento de Lima se indica que:

El objetivo del monitoreo fue evaluar la calidad ambiental del agua y sedimentos en la laguna Acococha, quebradas Chumpe, Huacuypacha y Machay, y los ríos Shinhua, Tinco, Sunca, Alis y Cañete, ubicados en los distritos de Tomas, Alis, Miraflores y Carania, provincia de Yauyos, para ello se monitorearon treinta y seis (36) puntos de agua y (08) puntos de sedimentos. En el caso del muestreo de calidad de agua superficial se concluyó que en la mayoría de los casos se cumplen los ECA, salvo en el caso del manganeso. Por otro lado, para sedimentos, las concentraciones de plomo y zinc total, arsénico, cadmio, cobre y mercurio sobrepasan los valores límites referenciales. Ambos informes de OEFA se pueden visualizar en el Anexo 1.

1.2.2. En el ámbito internacional

Rincón et al. (2017) en su estudio *Índice Multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos andinos del sur del Ecuador (IMRASE)*, indican que:

Adaptaron el IMRASE considerando los entornos de bosque y páramo, debido a que estos fueron cotejados con los índices unimétricos Biological Monitoring Working Party/Colombia (BMWP/Col), y el Andean Biotic Index (ABI) y el índice multimétrico del estado ecológico de ríos altoandinos (IMEERA), el índice ajustado IMRASE propuesto, demostró, mayor correlación con la gradiente de perturbación del ecosistema de páramo y brinda una mayor Eficacia de Discriminación (ED) entre los sitios perturbados con los de referencia.

Por ello, se considera una herramienta más confiable para monitorear y evaluar la integridad ecológica de los ríos de las áreas de aporte de abastecimiento de agua para la ciudad de Cuenca, al sur de Ecuador.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

OG: Determinar si hay cambio en la calidad biológica del agua entre los años 2009 y 2018, mediante contrastaje de la data de macroinvertebrados bentónicos: parte alta de la cuenca del río Cañete (Sector Reserva Paisajística Nor- Yauyos Cochas).

1.3.2. Objetivos específicos

- **OE₁:** Analizar la calidad biológica del agua del año 2018 de las estaciones ubicadas en la parte alta del río Cañete -Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.
- **OE₂:** Determinar mediante contrastaje de la data de macroinvertebrados bentónicos, si se ha producido cambio en el valor de los índices de biodiversidad entre los años 2009 y 2018, en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica del agua en el área de estudio.
- **OE₃:** Determinar mediante contrastaje de la data de macroinvertebrados bentónicos, si se ha producido cambio en el valor de los índices bióticos entre los años 2009 y 2018, en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua en el área de estudio.

1.4. Justificación

Conocer el estado actual de la calidad biológica del agua es vital para la gestión de los ecosistemas fluviales, además, este conocimiento contribuye a percatarse del riesgo potencial a la salud por consumo de los pobladores ribereños. Sin embargo, solo se cuenta con información de la calidad biológica y de la evaluación de la calidad fisico-química del agua del año 2009 de tres estaciones de la parte alta del río Cañete, de los años posteriores no

existe información al respecto por no estar considerados en los procedimientos para determinar el nivel de la calidad de agua del área de estudio.

Por lo expuesto, se plantea utilizar macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, debido, a que estos son buenas herramientas en el control de la calidad de los ecosistemas acuáticos y complementan la información aportada por los parámetros fisicoquímicos. Con el cálculo de los índices bióticos se puede integrar información relacionada a la calidad química de un periodo de tiempo, como mínimo del necesario para desarrollar el ciclo biológico del organismo estudiado. Ésta es una ventaja si se compara con los índices fisicoquímicos que sólo ofrecen una medida de calidad puntual limitada al momento del muestreo.

Por ello, se plantea una evaluación histórica de la evolución de la calidad de agua para darle un enfoque de proyección, lo que permitirá realizar la comparación entre los valores de los índices bióticos obtenidos el año 2009 y los obtenidos el año 2018 en las estaciones de monitoreo ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Cañete dentro de la RPNYC.

Finalmente, en la “Agenda de Investigación Ambiental 2013 – 2021” elaborada por el MINAM – Dirección General de Investigación e Información Ambiental se señala en el eje temático N° 1 “La Conservación y Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales y de la Diversidad Biológica”: La identificación de especies indicadoras del bienestar de los ecosistemas; Evaluación de especies clave para la conservación de la diversidad biológica en ecosistemas frágiles; Desarrollo de técnicas y tecnologías para la conservación de especies biológicas amenazadas o en peligro de extinción; Identificación de especies indicadoras (clave o grupos funcionales) del bienestar de los ecosistema. Además, de forma directa plantea dentro del componente minería y energía, en sus líneas de investigación: La evaluación del impacto de la actividad minera en áreas naturales y su efecto sobre la biodiversidad.

Importancia

Los ecosistemas fluviales de la RPNYC en el sector de la parte alta de la cuenca del río Cañete, son importantes para la conservación de la biodiversidad de este ecosistema andino, debido a que proporcionan diversos beneficios eco-sistémicos y contribuye a la calidad de vida de sus habitantes mediante el desarrollo de la actividad turística.

Los resultados de esta investigación permitirán: identificar si existe un deterioro de la calidad biológica del agua como consecuencia de las actividades antrópicas; su impacto ecológico en los ecosistemas fluviales; y servirá de base a las autoridades de la RPNYC para persistir y enfocar sus esfuerzos de supervisión mediante monitoreos de macroinvertebrados bentónicos; y para poner en marcha planes orientados a la conservación. A las autoridades locales, regionales o nacionales en la toma de decisiones para aumentar el seguimiento a las actividades productivas relacionadas al uso del agua y a sus efectos sobre las condiciones ambientales para la conservación de los ecosistemas fluviales.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El contrastaje de la data en términos de macroinvertebrados bentónicos, entre los años 2009 y 2018 permitirá determinar el cambio de la calidad biológica del agua de la parte alta de la cuenca del río Cañete - Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La actual calidad biológica del agua en las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Cañete – Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas está degradada.
- El valor de los índices de biodiversidad en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua consideradas en la parte alta de la cuenca del río Cañete – Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas ha decrecido.

- El valor de los índices bióticos en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua consideradas en la parte alta de la cuenca del río Cañete – Sector Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba ha disminuido.

II. Marco Teórico

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Ríos

Los ríos son mucho más que una simple corriente de agua. Son ecosistemas muy diversos y complejos, con una gran cantidad de componentes físicos y químicos y organismos muy diferentes, todos los cuales son necesarios para su correcto funcionamiento (Ladrera, 2012).

2.1.2. Calidad del agua

La calidad del agua es cualquier límite fijado de variación o alteración del estado del agua, juzgado expertamente, en base a datos científicos, para el cual no hay ningún tipo de efectos, generalmente adversos, en su uso por el hombre o para los organismos que lo habiten (Warren, 1971, citado por Tejero et al., 2006).

La calidad es un concepto relativo que depende del uso que va a tener el agua o el sistema que queremos evaluar. Dependiendo de si el agua se va a usar para beber, irrigación agrícola, transportar mercancías, piscigranjas, favorecer la vida de los peces o mantener el ecosistema con todas sus características funcionales, el sistema de evaluación de la calidad será diferente (Prat, 2018).

2.1.3. Parámetros biológicos de calidad de agua

Estos se basan en la utilización de organismos vivos como indicadores de la calidad de agua que representan la actividad biológica en el agua mediante el control de la presencia, abundancia, estructura, etc., de los organismos vivos. (Tejero et al., 2006)

2.1.4. Calidad biológica

Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de las comunidades de organismos presentes en un cuerpo de agua, surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica

cuando tiene unas características naturales que le permiten el desarrollo de las comunidades de organismos que le son propias. Esta calidad está estrechamente relacionada con el uso final del agua, entre mayor biodiversidad presente en un cuerpo de agua será mejor su calidad biológica (Barrera y Monroy., 2015).

2.1.5. Hábitat acuático

El hábitat acuático se refiere a las características del lugar que presenta las condiciones apropiadas para que vivan los distintos grupos de macroinvertebrados. Así, unos viven enterrados en el sustrato; otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y restos de vegetación; otros prefieren las orillas de ríos y lagos, donde viven adheridos a la vegetación ribereña; unos nadan sobre la superficie del agua, en tanto que otros se desempeñan muy bien como nadadores al igual que los peces; unos prefieren corrientes rápidas y otros, lentas; y, por último, unos prefieren fondos lodosos; en cambio, otros, fondos arenosos o pedregosos (Gallozo et al., 2017).

Los hábitats lóticos se refieren a los de aguas corrientes, como los que ofrecen ríos, riachuelos y quebradas. La fauna de macroinvertebrados en una corriente es muy diferente a la que se encuentra en zonas de rápidos, a la de remansos y a la de orillas.

Las corrientes poseen unas zonas de erosión en las cuales la velocidad del agua es suficientemente fuerte para arrastrar partículas en suspensión. Esta zona se caracteriza por rápidos formados por rocas, piedras y arena. En estos lugares se encuentra, por lo regular, una fauna diversa, con adaptaciones estructurales como ventosas y ganchos para resistir la velocidad de la corriente.

En el flujo también existen las zonas de deposición o acumulación en las cuales la velocidad del agua es muy lenta y los materiales que llevan en suspensión se precipitan fácilmente formando sustratos fangosos y arenosos. Por lo regular, en estas zonas la

diversidad de especies es menor, sin embargo, las especies existentes pueden alcanzar un elevado número de individuos.

Por otro lado, los sistemas lénticos son aquellos de aguas quietas o estancadas como lagos, charcas y represas. Regularmente, en ellos se presentan tres zonas: litoral, que presenta abundante vegetación acuática, lo que favorece el desarrollo de gran número de especies de macroinvertebrados acuáticos, la zona limnética, de aguas abiertas y donde sólo unas pocas especies flotantes pueden vivir allí, y la profunda, por lo general está desprovista de luz y el oxígeno existente es poco, lo que limita el número de especies en ella, pero alcanza a menudo un alto número de individuos de una misma especie por área. Los tipos de hábitats pueden ser:

- sustrato duro y corriente fuerte (zonas lólicas).
- sustrato duro y corriente moderada a lenta (zonas lénticas).
- vegetación acuática emergida de los márgenes de los ríos.
- macrófitos emergidos o macroalgas.
- arena, grava o fango.

2.1.6. Daños causados por el hombre en los ecosistemas acuáticos

Las fuentes más importantes de perturbación y contaminación de los ecosistemas acuáticos, originados por las actividades humanas son la deforestación y los residuos sólidos y líquidos de origen doméstico, industrial, agrícola y minero (Roldán, 2003). Estas perturbaciones se pueden resumir de la siguiente manera:

- Directa al lecho del río: Regulación del flujo y desviación, Destrucción del hábitat: dragado, revestimiento, canalización y presas, alteración de la temperatura, del pH, de la salinidad y similares, vertimiento de aguas de origen doméstico, vertimiento de tóxicos (metales pesados, pesticidas, elementos radiactivos, manipulación de la cadena alimenticia (introducción de especies exóticas).

- Indirecta: (1) En el área de captación: deforestación (erosión, arrastre de sedimentos) y quemas, construcción de vías, sustracción de agua y canales de desvío, contaminación del aire (lluvia ácida) y prácticas agrícolas. (2) En la zona riparia: Insolación (efectos en la productividad primaria), alteración de la temperatura del agua, alteración de la dinámica de los nutrientes, aportes alóctonos, dinámica de los sedimentos, morfología del cauce.

Los anteriores efectos pueden medirse y cuantificarse mediante el uso de los bioindicadores, cuyo valor y peso han sido previamente definidos en las diferentes metodologías.

Los diferentes grados de perturbación causados en los ecosistemas acuáticos y las comunidades correspondientes a cada uno de ellos. Establece la forma cómo cambian las comunidades de macroinvertebrados en la riqueza, diversidad y productividad de especies. Así, las comunidades naturales se caracterizan por ser diversas y heterogéneas. Cuando se presenta una perturbación moderada, comienzan a aumentar especies tolerantes y a disminuir las intolerantes, puede presentarse, además, un aumento de depredación. Con perturbaciones altas, desaparecen las especies intolerantes y las tramas alimenticias se hacen cada vez más lineales. Cuando la perturbación es demasiado alta, sólo quedan unas pocas especies, representadas por abundantes organismos. En situaciones extremas, únicamente se encuentran microorganismos como bacterias, algas y ciliados (Prat y Ward, 1994, citado por Gallozo et al. 2017).

Los impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados están (Ladrera, 2012):

- Contaminación del agua. A pesar de la generalizada implantación de sistemas de depuración que disminuyen el impacto de vertidos de tipo puntual procedentes de viviendas dispersas, centros poblados, núcleos urbanos e industriales, este tipo de

vertidos siguen ocasionando un claro impacto a los ecosistemas fluviales, puesto que los sistemas de depuración no son capaces de eliminar todas las sustancias tóxicas ni todos los vertidos pasan por un sistema de depuración. Las sustancias tóxicas que llegan al río provocarán un impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados y la biota en general. Como ejemplo, cabe destacar las crecientes concentraciones de pesticidas y productos farmacéuticos que se han detectado en los ríos y que pueden afectar gravemente a los animales acuáticos.

- Eutrofización. Consiste en el crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos en el agua como consecuencia de un aumento de nutrientes en la misma, fundamentalmente nitratos procedentes de actividades agropecuarias y fosfatos procedentes de detergentes. La acumulación excesiva de algas y otros productores conduce finalmente a la muerte y putrefacción de éstas, provocando un descenso de las concentraciones de oxígeno en el agua, que limita el asentamiento de gran cantidad de macroinvertebrados.
- Alteraciones morfológicas. Cabe destacar que cada grupo de macroinvertebrados vive en un tipo concreto de hábitats, como pueden ser pozas, rápidos, sombras, grandes bloques, raíces de árboles, plantas acuáticas, llanuras de inundación, etc. Por ello, cualquier tipo de alteración que provoque una homogenización del cauce y la eliminación de muchos de estos hábitats, como la construcción de canalizaciones, provocará una disminución de la diversidad de macroinvertebrados y el empobrecimiento del ecosistema.
- Alteraciones del régimen del caudal. Estas pueden producirse debido: a la toma de agua para regadíos, construcción de pequeñas centrales hidráulicas y, fundamentalmente, de embalses, y son capaces de modificar la comunidad original

de seres vivos, puesto que las especies autóctonas han desarrollado estrategias de vida adaptadas al flujo natural.

- Introducción de especies invasoras. Se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales, al transportarse numerosas especies de manera involuntaria o porque no se toman las medidas preventivas necesarias. Algunas especies introducidas son capaces de adaptarse perfectamente a las nuevas condiciones y provocan el desplazamiento de especies autóctonas e incluso pueden desencadenar la alteración física y química del hábitat.
- Alteraciones del bosque de ribera. Los bosques de ribera llevan a cabo una gran cantidad de funciones básicas en el ecosistema fluvial, entre la que cabe destacar la estabilización de los márgenes; la retención de sedimentos y, con ello, la reducción del poder erosivo del río; la creación de hábitats y refugio para todo tipo de especies, incluidos macroinvertebrados; y la retención de nutrientes y contaminantes antes de que entren en el cauce. Además, proporcionan alimento y sombra al río, favoreciendo la aparición de nuevos microhábitats e impidiendo la proliferación excesiva de algas. Por todo ello, cualquier alteración de los bosques de ribera provocará una alteración clara de la comunidad de macroinvertebrados.
- Importancia de la madera en el cauce. Se ha querido recalcar la importancia de la madera en el cauce como contraposición a la idea generalizada de que la madera muerta representa suciedad. Esta madera sirve de alimento a gran cantidad de especies de macroinvertebrados, aumenta la diversidad del cauce gracias a la aparición de nuevos hábitats, como pozas o rápidos, y sirve de refugio para numerosos animales acuáticos, no solo invertebrados, sino también numerosos peces, que pueden refugiarse aquí de depredadores externos como garzas o cormoranes.

2.1.7. Contaminación del agua

Una vez vista la composición de las aguas naturales y los usos principales a los que se puede destinar el agua de la naturaleza, estamos en condiciones de definir lo que se entiende por contaminación de la misma, escogiendo algunas de las definiciones dadas por diferentes organismos internacionales (Orozco et al., 2011):

La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia 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, Carta del Agua (Consejo de Europa, 1968).

Un agua está contaminada cuando se ve alterada en su composición o estado, directa e indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural. (C.E.E. de las Naciones Unidas, 1961, citado por anónimo, 2018).

De estas dos definiciones de contaminación, o cualquier otra que pudiéramos escoger, merecen la pena destacarse tres aspectos fundamentales:

- se parte de la calidad o composición natural del agua, no del agua pura.
- se mide la contaminación en función del uso al que el agua está destinada.
- se considera contaminación la provocada de forma directa o indirecta por la actividad humana.

2.1.8. Bioindicador o indicador biológico

Un bioindicador es un parámetro directo de la calidad del agua que refleja las condiciones ecológicas de un sitio determinado. Es una especie (o grupo de especies) que poseen requerimientos particulares con relación a un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia o ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie

en particular indiquen que las variables físicas o químicas se encuentran cerca de sus límites de tolerancia. (Rosemberg y Resh, 1993 citado por Gamboa et al., 2008)

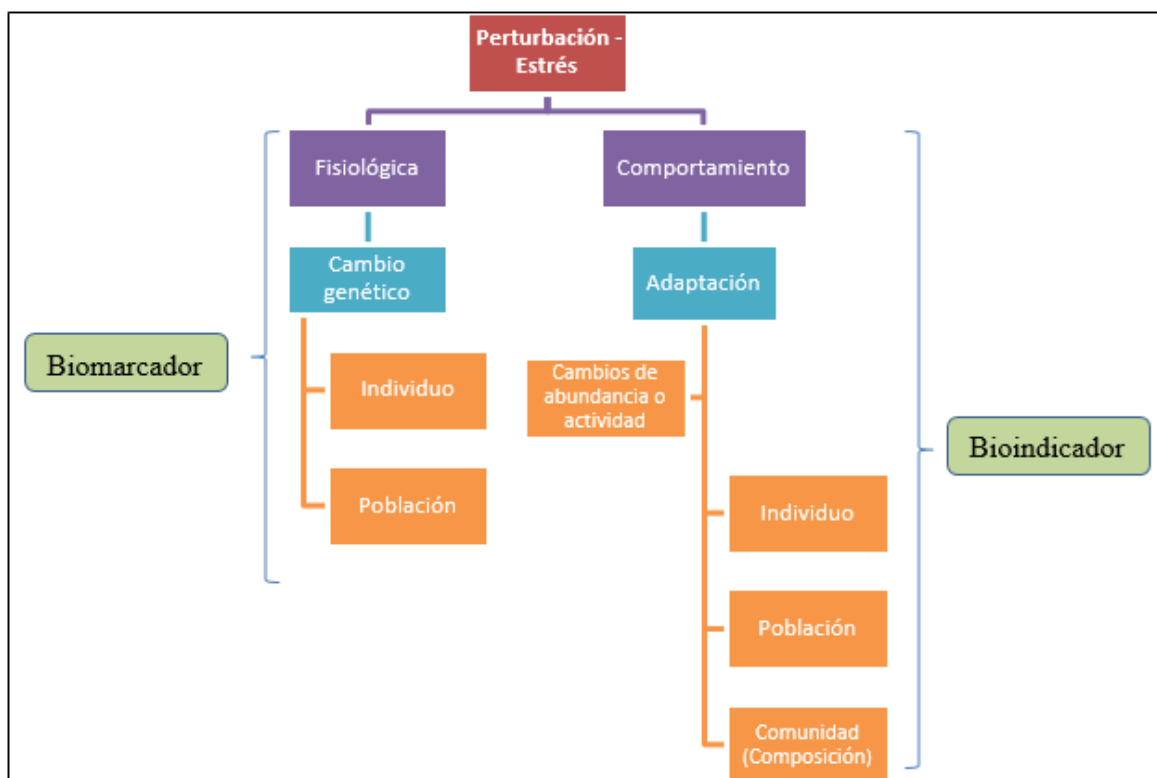
Un bioindicador será eficaz en la medida que pueda discriminar entre sitios poco o nada perturbados (condición de referencia) y sitios impactados.

La utilización se basa en el conocimiento de cómo responden las comunidades a las distintas perturbaciones.

La relación entre el nivel de organización, los cambios producidos en los organismos y la utilidad de los bioindicadores se refleja en la Figura 1 (modificadas de Adams, 2002 citado por Prat et al., 2009). Figura 1.

Figura 1

Niveles de organización y uso de indicadores biológicos



Nota. Fuente: Adams (2002) citado por Prat et al. (2009).

2.1.9. Perturbaciones a la estructura de la comunidad

Si la perturbación es muy grande (por ejemplo, una contaminación por vertidos domésticos que agota el oxígeno del agua) los efectos se notan a nivel de la comunidad entera con la única presencia de unas pocas especies tolerantes. Las perturbaciones intermedias (por ejemplo, un incremento de nutrientes) pueden dar lugar a otros cambios menos drásticos, como la desaparición de unas pocas especies o el incremento de la densidad de otras ya presentes o la aparición de unas terceras, más tolerantes al factor de estrés. (Prat et al. 2018, p. 26)

2.1.10. Perturbaciones no perceptibles

Algunas perturbaciones (por ejemplo, un ligero incremento de las sales) pueden no modificar la estructura de la comunidad, pero sí dar lugar a otros cambios no perceptibles a este nivel, pero sí a nivel individual. Este es el caso de la presencia de tóxicos en el agua, induce en los organismos respuestas metabólicas para intentar compensar el problema generado por las condiciones del medio. (Prat et al., 2018)

Si las concentraciones son bajas, pueden no producirse cambios en la presencia o abundancia de la especie, pero sí cambios en la utilización de ciertas vías metabólicas o en las propiedades del material genético y es posible detectar el estrés generado para esta especie mediante estos cambios.

2.1.11. Biomarcadores

Se les denomina biomarcadores a aquellos indicadores que no evidencian cambios estructurales en la comunidad acuática. Estos pueden ser bioquímicos, fisiológicos, histológicos (daños en tejidos) o genéticos (daños en el material hereditario) y pueden ser cambios transitorios o permanentes (Prat et al., 2018). Es decir, estos miden las perturbaciones a nivel suborganísmico (desde la molécula a los órganos pasando por la célula).

Así, por ejemplo, se evaluó poblaciones del tricóptero *Hydropsyche exocellata* en un gradiente de contaminación urbana e industrial en el río Llobregat (España) y encontró un incremento de la actividad enzimática antioxidante relacionado con un aumento en la contaminación por metales pesados, concluyendo que la combinación de respuestas químicas y bioquímicas pueden ser usadas para evaluar y diagnosticar la contaminación en ríos altamente perturbados. (Barata et al., 2005, citado por Prat et al., 2008)

Esta es un área emergente en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos y aunque algunos han sido usados de forma habitual en estudios de ecotoxicología, todavía son poco utilizados en programas de monitoreo y vigilancia.

2.1.12. Macroinvertebrados acuáticos

Es la comunidad de organismos animales que vive asociada al fondo de los cuerpos de agua (quebradas, ríos, lagunas, lagos. (Lampert y Sommer, 2007, citado por Segnini, 2003)

El bentos se caracteriza por estar ampliamente distribuida en todo el mundo y tiene una gran variedad de respuestas al estrés ambiental, permitiendo una efectiva evaluación espacial y temporal de las perturbaciones. (Rosemberg y Resh, 1993, citado por Gamboa et al., 2008).

Se denominan macroinvertebrados acuáticos, aquellos organismos invertebrados acuáticos con un tamaño igual o superior a 3mm en su último estado larvario alcanzan un 500 μm , viven en las zonas más superficiales de los sedimentos y pertenecen a los taxones de insectos, crustáceos, moluscos, oligoquetos, esponjas, planarias, sanguijelas, cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua. Son organismos que habitan de manera fija o errante en la superficie o en el interior del fondo del lecho de un río o sustrato. La mayoría de las especies son los *Phyla Arthropoda* (clases de Malacostraca e Insecta), *Mollusca* (clases Gastropoda y Bivalvia), *Annelida* (clases de Hirudinea y Oligochaeta) y la clase Arácnida.

La gran mayoría de macroinvertebrados acuáticos, alrededor del 80%, corresponde a grandes grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvianas son los más abundantes. (Rosemberg y Resh, 1993, citado por Alba, 1996, p. 204)

Uno de los grupos de macroinvertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos, según (Ladrera et al., 2012), sostiene que:

¿Puede vivir un insecto adulto con sus alas en el agua? Los adultos habitualmente no viven en el agua (excepto en algunos casos), pero los estados inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos en muchos grupos de insectos. En estos casos, los adultos salen del agua y completan su desarrollo en el medio aéreo, que suele durar pocas horas o días frente a los muchos meses que pasan en el agua. Evidentemente, para pasar de inmaduro acuático a adulto terrestre se necesitan adaptaciones muy importantes y diversos órdenes de insectos están formados por familias con larvas exclusivamente acuáticas, como los *efemerópteros*, *plecópteros*, *odonatos* o *tricópteros*. En otros órdenes de insectos, como *hemípteros*, *coleópteros*, o *dípteros*, hay familias con larvas exclusivamente acuáticas, otras solo con larvas terrestres y algunas con ambas adaptaciones. Señala también, que los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos, al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas. Es decir, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos van a consumir la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, y la van a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos, de manera que la alteración de la comunidad de macroinvertebrados de los ecosistemas fluviales va a

afectar directamente a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos (p.28).

Los macroinvertebrados constituyen un grupo suficientemente representativo para poder llevar a una evaluación adecuada. La mayor parte de investigadores los consideran como los mejores indicadores de calidad del agua y con las claves de identificación se dispone de una base sólida de conocimientos. (Lebrunet y Rosero, 2008, citado en Cordero, 2015, p. 13).

Estos bioindicadores se utilizan de forma habitual en la vigilancia y seguimiento de la contaminación para los estudios de los cambios a nivel de población, comunidad o ecosistema, es decir, detectan los cambios a nivel estructural o funcional. (Prat et al., 2008).

Tabla 1.

Tabla 1

Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en los ecosistemas fluviales

Filo	Subfilo	Clase	Orden	Observaciones
<i>Porifera</i>				Comprenden las esponjas, que viven fijas al sustrato.
<i>Cnidaria</i>				Incluyen a las hidras, que son pequeños pólipos de agua dulce.
<i>Platelminta</i>				Se incluyen planarias.
<i>Nematoda</i>				Gusanos redondos con cuerpo sin anillar.
<i>Annelida</i>		<i>Oligochaeta</i>		Gusanos anillados con sedas en los segmentos.
		<i>Hirudinea</i>		Gusanos animallos con cuerpo aplanado y ventosas. Son las sanguijuelas.
<i>Mollusca</i>	<i>Conchífera</i>	<i>Gastropoda</i>		Moluscos con una concha.
		<i>Bivalvia</i>		Moluscos con dos conchas.
<i>Arthropoda</i>	<i>Chelicerata</i>	<i>Arachnida</i>		Son arañas microscópicas que viven en aguas dulces.
		<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	Se incluyen las gambas de agua, muy abundantes en algunos tramos fluviales.
			<i>Decapoda</i>	Son los cangrejos
	<i>Hexapoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	La vida del adulto es muy efímera, de donde se deriva su nombre, llegando a vivir pocas horas o incluso minutos.

Filo	Subfilo	Clase	Orden	Observaciones
			<i>Odonata</i>	Son las larvas de las libélulas. Son voraces depredadores.
			<i>Plecoptera</i>	Se trata de especies que viven en el fondo de cauces de aguas frías, bien oxigenadas y libres de contaminación.
			<i>Hemiptera</i>	Incluyen a los conocidos zapateros.
			<i>Coleóptera</i>	Pueden vivir en el agua en su fase larvaria, adulta o ambas.
			<i>Trichoptera</i>	Numerosos de ellos fabrican los conocidos estuches o canutillos, con diferentes materiales como granos de arena o vegetales
			<i>Díptera</i>	En este orden se incluyen las larvas de mosquitos y tábanos.

Nota. Fuente: Landrera et al. (2013) Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica.

2.1.13. Ventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados bentónicos son los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo debido a que estos organismos muestran ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática las mayores ventajas de usarlos como indicadores de la calidad del agua son las siguientes (Roldán, 1999, citado en Prat, 2009):

- gran diversidad de especies,
- taxonomía conocida, a nivel de familia y género. La determinación taxonómica hasta familia es suficiente, por lo que su estudio es relativamente sencillo,
- presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos,
- es sensible al impacto de factores difusos, no puntuales, que no pueden ser detectados por otros métodos,

- el carácter sedentario de muchas especies (organismos de escasa movilidad) que son específicas a un tipo de medio permite determinar y analizar los efectos en el tiempo y en el espacio de las perturbaciones en el ambiente,
- los organismos acumulan en el tiempo, los efectos causados por diferentes factores (efecto bioacumulativo), integran la información actual y pasada sobre la calidad de los ecosistemas acuáticos,
- las técnicas de recolección son fáciles y requieren pocos materiales,
- la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo (Domínguez y Fernández, 2001, Rosemberg & Resh; 1993, citado por Prat et al., 2009).

En la Tabla 2 se presenta un conjunto de variables de la comunidad bentónica con potencial para ser usadas como atributos indicadores de la condición biológica de los ríos.

Tabla 2

Atributos potenciales de los macroinvertebrados bénticos para evaluar la condición biológica del agua de ríos.

Comunidad^a	Composición Taxonómica	Condición Individual	Procesos Biológicos
Nº total de familias	% EPT % Odonata	<i>Hydropsychidae/Trichoptera</i>	Nº depredadores % depredadores
Nº EPT ^b	% Ephemeroptera	<i>Baetidae/Ephemeroptera</i>	Nº Colectores
Nº Odonata	% Plecoptera	Índices Bióticos (IBF, BMPW)	% Colectores
Nº Ephemeroptera	% Megaloptera	Índice de diversidad	Nº Filtradores % Filtradores
Nº Plecoptera	% Trichoptera		Nº Raspadores % Raspadores
Nº Trichoptera	% Coleoptera		Raspadores/(Raspadores+ Filtradores)
Nº Coleoptera	% Chironomidae		Nº Fragmentadores ⁽¹⁾ % Fragmentadores
Nº Chironomidae	% Contribución del taxón dominante % Contribución de los cinco taxa dominantes		

Nota. Fuente: Modificado de Barbour et al. (1999). ^a Nivel taxonómico de Familia.

^b E=Ephemeroptera, P=Plecoptera y T=Trichoptera.

2.1.14. Desventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos

Las desventajas que se pueden mencionar son:

- la taxonomía de algunos grupos no es bien conocida, sin embargo, la identificación de los organismos no siempre necesita precisión a nivel genérico o específico,
- la interpretación de los resultados y sus comparaciones en el tiempo puede verse afectada por las variaciones dinámicas de las poblaciones, es decir, que las diferencias observadas se deban a la ecología de las especies (período de reproducción, etc.),
- no permiten identificar, concretamente, los agentes contaminantes, sólo sus efectos sobre la comunidad de organismos.

Los macro invertebrados no son sensibles a algunas perturbaciones como la presencia de patógenos de origen humano como coliformes o parásitos. Esta desventaja puede ser secundaria si es acoplada con el monitoreo físico-químico y bacteriológico, que permite esta detección. (Giacometti y Barbosa, 2006, citados por Cordero, 2015)

2.1.15. Clasificación de macroinvertebrados acuáticos




La mayoría de protocolos de evaluación desarrollados en la actualidad están destinados a la obtención de datos confiables en cuanto a la representación de la riqueza específica del medio, más que la abundancia y densidad de organismos (Barbour et al., 1999). Mientras que (Downing, 1984, CESEL Ingenieros, 2015) dice que:



La productividad secundaria está representada por la presencia de macroinvertebrados bentónicos en el medio para mantener una comunidad hidrobiológica robusta y bien estructurada, la identificación de patrones de transferencia de materia y energía entre comunidades, el uso racional de los recursos acuáticos, la detección de efectos de contaminación y la generación de teorías generales en productividad biológica. Los aspectos referidos favorecen el desarrollo de un ensamblaje de macroinvertebrados

bentónicos ricos y con gran abundancia de organismos, lo que a su vez permite la dominancia de especies ícticas de tamaño mediano o pequeño de hábitos principalmente bentívoros (Vannote et al., 1980, citado en CESEL Ingenieros, 2015) dice que). En la Tabla 3 y en la Tabla 4 se muestran los grupos de macroinvertebrados bentónicos:

Tabla 3

Dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas estancadas y de baja calidad



Orden <i>Díptera</i>	Características	Rasgos clave
	<p style="text-align: center;"><i>Familia Culicidae</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre: mosquitos. • Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores). • Fase indicadora: larvas. • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas. 	<p>Larva ápoda con cabeza reducida. Penachos de pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan de cabeza hacia debajo de la superficie para tomar aire.</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Familia Ephydriidae</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos. • Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores). • Fase indicadora: larvas. • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas. 	<p>Cuerpo alargado con propatas en la mitad del mismo y un penacho de setas en la parte superior.</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Familia Chironomidae</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos. • Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores). • Fase indicadora: larvas. • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lóxicas. 	<p>Cuerpo alargado, con un penacho de setas en la parte posterior.</p>
	<i>Familia Psychodidae</i>	


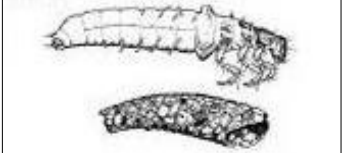



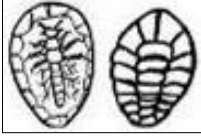

Orden <i>Díptera</i>	Características	Rasgos clave
	<ul style="list-style-type: none"> Nombre común: moscas, mosquitos. Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores). Fase indicadora: larvas. Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. Hábitat: aguas estancadas y lóaticas. 	Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo.
	<p>Familia <i>Sirtidae</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre común: moscas. Ciclo de vida: holometábolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores). Fase indicadora: larvas. Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. Hábitat: aguas estancadas y lóaticas. 	Cuerpo robusto con un tubo respiratorio alargado y delgado.

Nota. Fuente: Mc Gavin, (2001); Domínguez y Fernández (2001); Alonso *et al.* (2002); citados por CESEL Ingenieros, 2015).

Tabla 4

Macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua

Orden de Insecto	Características	Rasgos clave
	<p><i>Plecoptera</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae). Ciclo de vida: hemimetábolos (ninfas acuáticas y adultos voladores). Fase indicadora: Ninfas: Muy sensibles a la contaminación. Alimentación: Ninfas carnívoras en los últimos instares. Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, lechos de grava. 	Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares.
	<p><i>Ephemeroptera</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre común: Efímeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae). Ciclo de vida: hemimetábolos (ninfas acuáticas y adultos voladores). Fase indicadora: ninfas. Alimentación: ninfas herbívoras. 	Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas.

Orden de Insecto	Características	Rasgos clave
	<p data-bbox="707 275 836 304"><i>Tricoptera</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="507 237 815 266">• Hábitat: ríos y lagunas. <li data-bbox="507 315 932 443">• Nombre común: Frigáneas (Familias más comunes: Hidropsiphidae, Hidropsiphidae, Hidroptilidae, Leptoceridae). <li data-bbox="507 454 895 546">• Ciclo de vida: hemimetábolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores). <li data-bbox="507 557 823 586">• Fase indicadora: ninfas. <li data-bbox="507 598 863 651">• Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras. <li data-bbox="507 663 887 719">• Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas. 	<p data-bbox="979 315 1337 407">Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia.</p> 
	<p data-bbox="719 730 823 759"><i>Odonata</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="507 763 943 898">• Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familia más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae). <li data-bbox="507 909 895 1001">• Ciclo de vida: hemimetábolos (larvas acuáticas y adultos voladores). <li data-bbox="507 1012 823 1041">• Fase indicadora: larvas. <li data-bbox="507 1052 791 1106">• Alimentación: ninfas depredadoras. <li data-bbox="507 1117 895 1146">• Hábitat: ríos de aguas quietas. 	<p data-bbox="979 763 1337 898">Ojos compuestos prominentes Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen</p> 
	<p data-bbox="703 1149 839 1178"><i>Coleoptera</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="507 1182 948 1317">• Nombre común: Escarabajos (Familia más comunes: Elmidae, Ptylodactilidae, Phesenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae). <li data-bbox="507 1328 895 1391">• Ciclo de vida: holometabolos (larvas, pupas y adultos). <li data-bbox="507 1402 823 1431">• Fase indicadora: larvas. <li data-bbox="507 1442 948 1496">• Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras. <li data-bbox="507 1507 948 1556">• Hábitat: Amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres. 	<p data-bbox="979 1182 1337 1384">Patas grandes y caminan por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos (branquias).</p> 
	<p data-bbox="724 1570 815 1599"><i>Diptera</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="507 1603 948 1771">• Nombre común: moscas, mosquitos (Familia más comunes: Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae). <li data-bbox="507 1783 948 1874">• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores). <li data-bbox="507 1886 823 1915">• Fase indicadora: larvas. <li data-bbox="507 1926 948 1980">• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. <li data-bbox="507 1991 948 2020">• Hábitat: ríos de aguas estancadas. 	<p data-bbox="979 1603 1337 1704">Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.</p>

Nota. Fuente: Mc Gavin, 2001; Domínguez y Fernández, 2001; Alonso et al., 2002; Gamboa et al., 2008. CESEL Ingenieros, 2015).

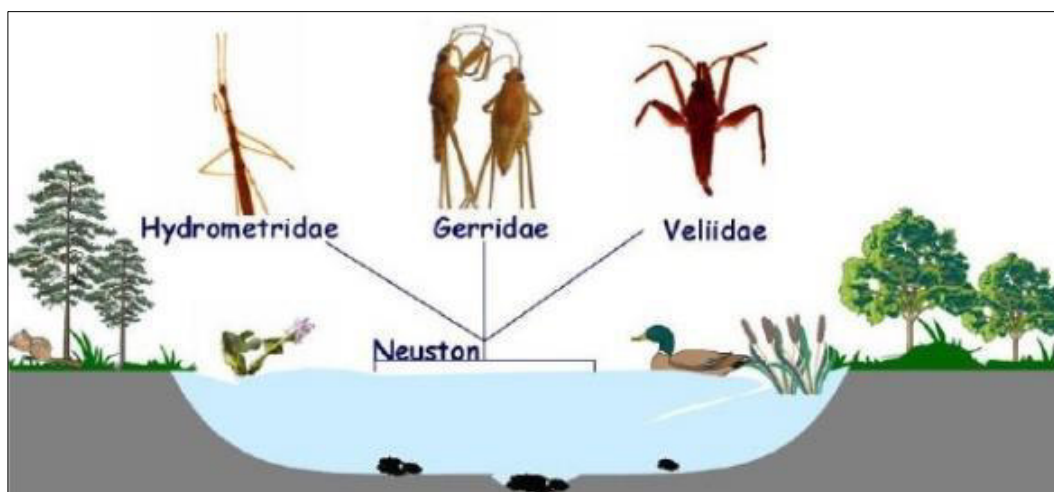
2.1.16. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente, de ahí que reciban nombres de acuerdo con este tipo de adaptación. (Roldán, 2003)

Neuston. Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias *Gerridae*, *Hidrometridae* y *Mesveliidae*. Figura 2.

Figura 2

Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático



Nota. Fuente: Roldán, G (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.

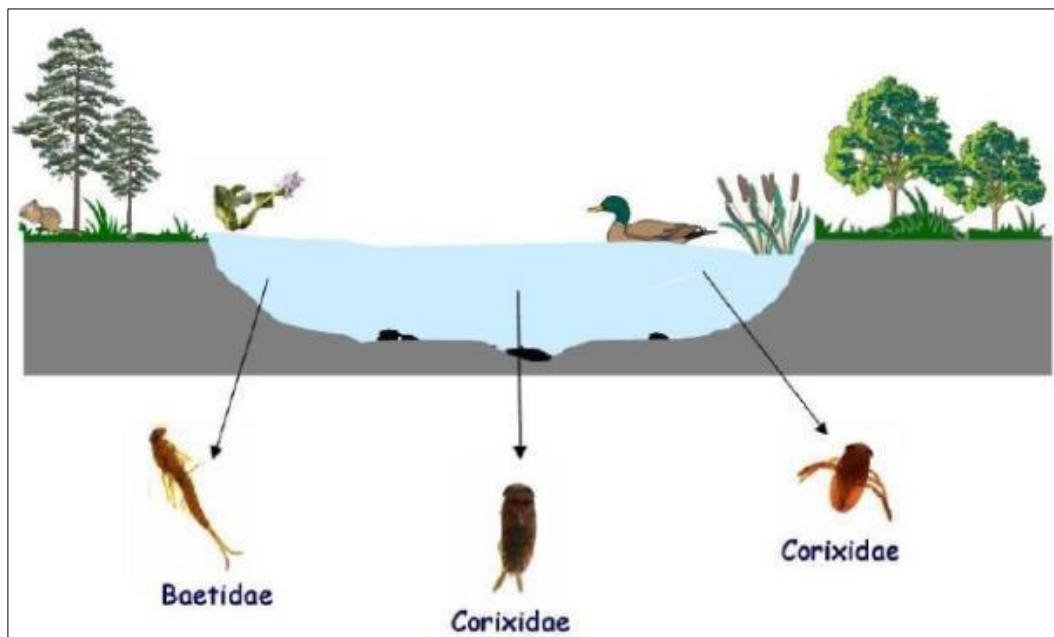
Necton. Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua. En ellos se encuentran: *Corixidae* y *Notonectidae* del orden *Hemiptera*; *Dytiscidae*,

Gyrinidae y *Hydrophilidae* del orden *Coleoptera* y *Baetidae* del orden *Ephemeroptera*.

Figura 3.

Figura 3

Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático

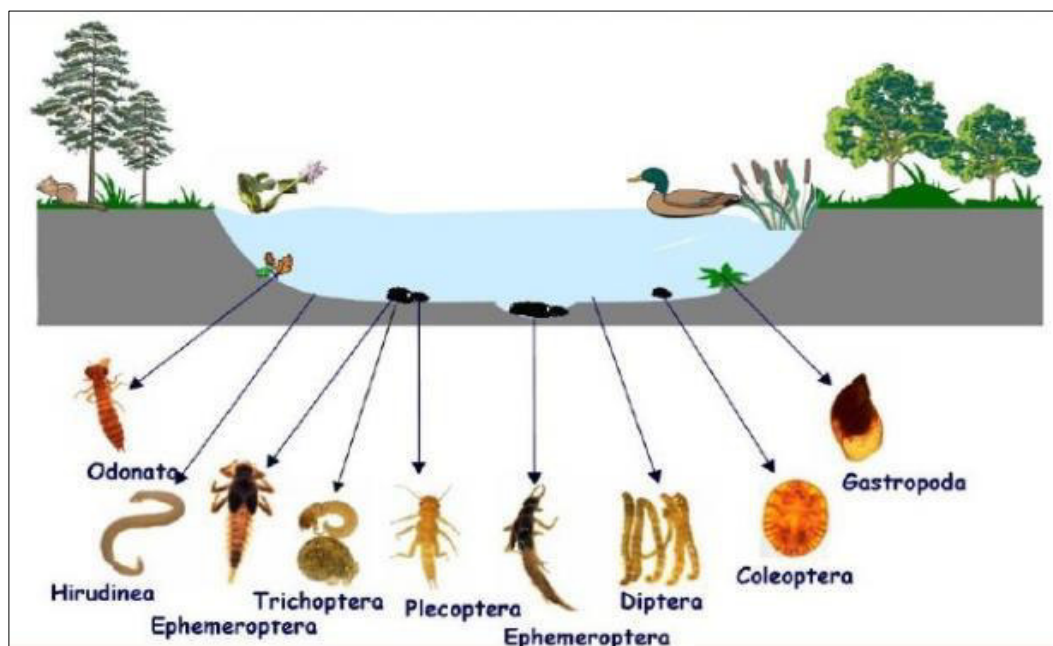


Nota. Fuente: Roldán, G (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.

Bentos. Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. Los principales órdenes representantes son: *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, *Megaloptera* y *Diptera*. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Euthyplociidae (*Ephemeroptera*). Otros, como la familia *Blephariceridae* (*Diptera*), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente (Figura 4).

Figura 4

Macroinvertebrados representantes del bentos en un ecosistema acuático



Nota. Fuente: Roldán, G (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.

2.1.17. Adaptaciones a la vida en el agua

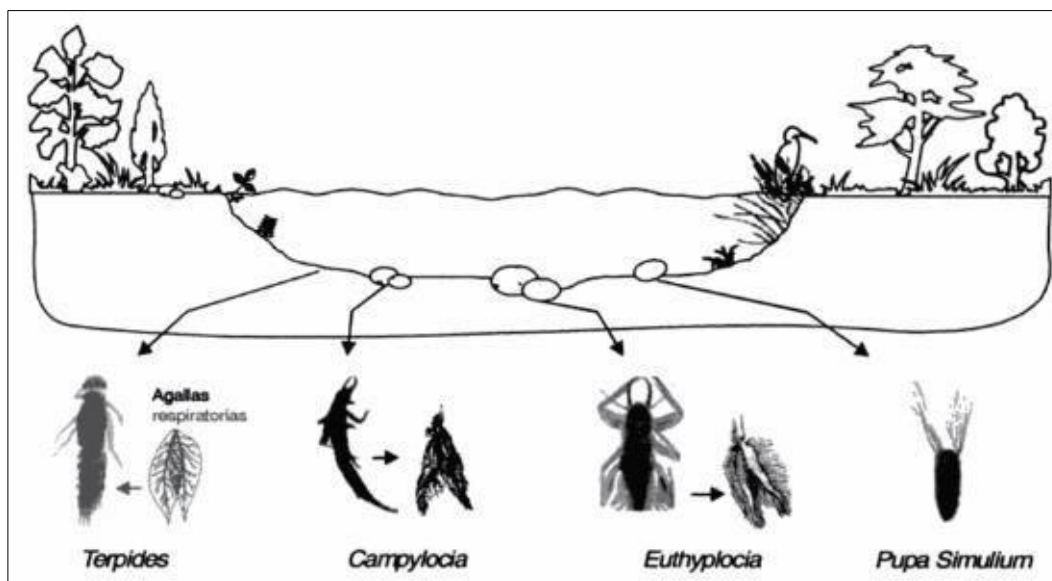
Puesto que la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos deben tomar el oxígeno disuelto en el agua, es fundamental que estos organismos presenten adaptaciones estructurales y fisiológicas que les permitan llevar a cabo este proceso. Por tanto, los problemas de contaminación que disminuyan los niveles de oxígeno en el agua, son letales para la mayoría de los organismos que allí habitan.

Respiración hidropnéustica. Consiste en tomar directamente el oxígeno en el agua a través de la piel o de agallas filamentosas. Este es el tipo de respiración que realizan la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos. Se ha observado cómo algunos organismos viven en aguas con déficit de oxígeno, por ejemplo, las ninfas *Euthyplocia* y *Campylocia*, poseen agallas enormemente desarrolladas, como una compensación para una mayor área de exposición y captación del poco oxígeno disponible. Las pupas de *Similium* cuentan con

espiráculos funcionales con prolongaciones torácicas ramificadas llamadas agallas espiraculares que les sirven para realizar respiración aeropnéustica en caso de que el medio comience a secarse (Figura 5).

Figura 5

Adaptaciones de los macroinvertebrados acuáticos a la respiración hidropnéustica



Nota. Fuente: Roldán, G (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.

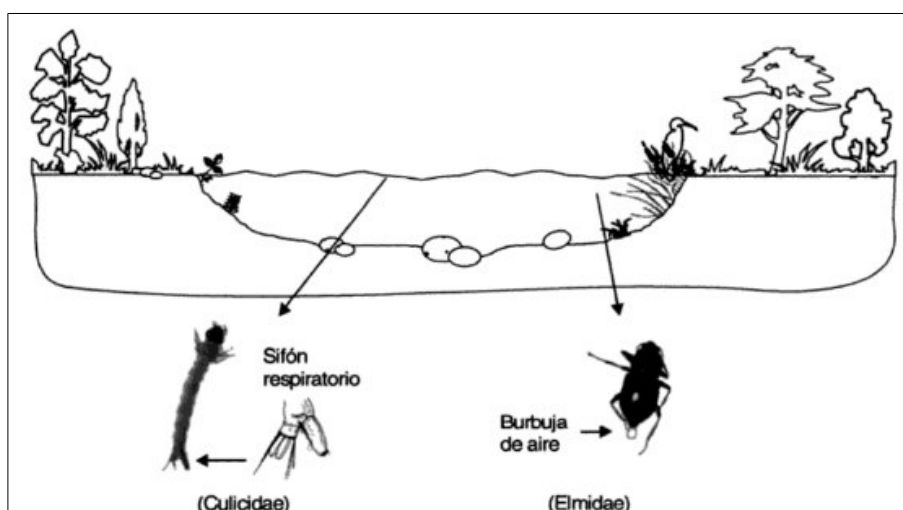
Respiración aeropnéustica. Es el tipo de respiración que realizan algunos organismos acuáticos, pero que toman el oxígeno directamente del aire, por ejemplo, *Culicidae* y *Syrphidae* que tienen unos sifones respiratorios que les permiten estar por períodos prolongados en contacto con la superficie del agua. Organismos como estos no servirán como indicadores de aguas desoxigenadas.

Otros organismos como los de la familia *Dytiscidae* y *Elmidae* (*Coleoptera*), nadan hasta la superficie donde toman burbujas de aire que conservan debajo de los élitros y les sirve de reserva de oxígeno durante varias horas. Ciertos coleópteros y lepidópteros poseen espiráculos ensanchados que les sirven para almacenar aire y resistir períodos prolongados

debajo del agua. Algunos hemípteros y coleópteros tienen sus cuerpos cubiertos por escamas y pelos microscópicos que no se humedecen, lo que les permite mantener secos los espiráculos y así tener siempre una reserva de aire. Esta adaptación consiste de una estructura llamada plastrón. Otros organismos como la familia *Polymitarcidae* perforan tallos esponjosos donde se alojan por periodos prolongados y donde toman el oxígeno y aire allí acumulado (Figura 6)

Figura 6

Adaptaciones de los macroinvertebrados acuáticos a la respiración aeropnéustica



Nota. Fuente: Roldán, G (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.

Regulación Osmótica. Esta, también llamada osmorregulación, se refiere al mantenimiento de concentraciones específicas de sales o iones en el interior de las células. En los procesos metabólicos se pierden sales o iones en el interior de las células que deben reemplazarse, por eso, la concentración de las sales en el medio acuático donde viven los macroinvertebrados juega un papel importante en el establecimiento del equilibrio osmótico. Un aumento de salinidad en el medio (concentración hiperosmótica) sería fatal para la mayoría de los organismos que allí viven.

Adaptaciones alimenticias. Al igual que en los ecosistemas terrestres, los ecosistemas acuáticos funcionan con base en el principio de comer y ser comido. Los herbívoros o consumidores de primer orden son aquellos que se alimentan de vegetales; en este caso la fuente de alimentación son las algas y las plantas acuáticas. Los carnívoros o consumidores de segundo, tercero o de órdenes superiores, se alimentan de otros animales. La trama alimenticia en el agua es especialmente débil, pues los organismos más sensibles a las perturbaciones antrópicas son los primeros en desaparecer, lo cual causa un desequilibrio en las cadenas alimenticias. Así, algunos organismos podrían desaparecer al ser eliminados aquellos que son su fuente inmediata de alimento.

2.1.18. Índices de diversidad y riqueza

Estos índices miden la diversidad (número de especies) y la abundancia (número de individuos de cada especie) de un sitio otorgando mayor puntuación a sitios con mayor diversidad de organismos (Orozco et al., 2011). A mayor diversidad, mayor calidad de agua y viceversa. La abundancia estimada como el número de individuos por familia y los resultados son por eso expresados en términos de densidad (Ind/m²). Se utilizan para determinar las características ecológicas de la estructura y dinámica comunitaria.

Los índices de diversidad es que son fácilmente calculables, son un único número, no es necesario conocer la tolerancia a la contaminación (no distingue entre comunidades tolerantes y sensibles), no es necesaria la biomasa y no necesitan la identificación de especies. Los índices de diversidad y riqueza no son buenos para detectar cambios muy importantes en el ambiente.

La desventaja con relación a los índices bióticos es que: (1) es necesaria la identificación de los organismos hasta el nivel de especie, (2) no sirven para detectar episodios leves de contaminación, se ha señalado que sólo son sensibles en altos niveles de contaminación o que inclusive pueden tener valores elevados en lugares de perturbación

intermedia ya sea industrial (Pave y Marchese, 2005) o minera (Zilli y Gagnetten, 2005), (3) existen inconvenientes como la variación de valores entre índices, (4) la interpretación no es universal, (5) no informa sobre el tipo de contaminación y (6) las respuestas no son lineales. A continuación, se incluirían los índices de diversidad que relacionan la calidad de las aguas con la diversidad de comunidades que albergan.

Riqueza específica (S). Está dado por el número total de especies obtenido en una comunidad.

Abundancia relativa (N). Está conformado por el número de individuos por especie.

Índice de diversidad de Shannon - Wiener (H'). Mide la diversidad de un ecosistema en función del número de especies y su abundancia relativa. Las unidades en las que se expresa se denominan decits por individuo (decits/individuos) utilizan la distribución relativa de los individuos. La fórmula utilizada para calcular su valor es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i, p_i = \frac{n_i}{N}$$

Siendo:

H': valor del índice de diversidad de especies

pi: abundancia relativa de la especie i (proporción del total de la muestra perteneciente a su especie i).

ni: N° de individuos perteneciente a la especie i en la muestra.

N: N° total de individuos de la muestra

La expresión de Shannon - Wiener mostrará valores altos (diversidad alta) cuando la zona de evaluación tenga un mayor número de especies (cantidad) y/o la distribución de sus abundancias sea homogénea (distribución más equitativa, es decir, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de organismos) (Magurran, 1987, citado por

Moreno, 2001). El valor del índice es cero en los casos en que todos los individuos recogidos pertenezcan a una sola especie (Tabla 5).

Tabla 5

Interpretación de la diversidad de Shannon - Wiener (H')

Shannon–Wiener (H') (decits/individuos)	Escala de diversidad
0 – 1	Escasa
1 – 2	Media
> 2	Alta

Nota. Fuente: Moreno, 2001. Métodos de la Biodiversidad

Sneath y Sokal (1973) citado por Lozano (2005) mencionan que “Cuando los valores del índice de diversidad son menores del 2.4 – 2.5 son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a fuerte tensión antrópica”.

Índice de riqueza de Margalef (D). Consideran la abundancia total respecto al número de taxa y refleja la riqueza de especies de un ambiente basado en la riqueza y abundancia de organismos.

$$D = \frac{(s - 1)}{\ln N}$$

Donde: D es la biodiversidad, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación \ln denota el logaritmo neperiano de un número.

El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($s=1$, por lo que $s-1=0$). Valores inferiores a dos son considerados como zonas de baja biodiversidad (antropizados) y valores superiores a cinco son indicativos de alta biodiversidad.

Índice de dominancia de Simpson (1-D). Moreno (2001) precisa que como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1-D, lo cual es conocido como Dominancia de Simpson. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes, donde a las especies comunes se les da más peso que a las especies raras. Se calcula como:

$$1 - D = \sum p_i^2$$

$$1 - D = 1 - \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Dónde:

N : es el total de individuos de todas las especies

n_i : es el número de individuos de la especie i

Tanto D como $1-D$ varían desde 0 hasta 1, lo que simplifica su interpretación: $D = 1$, máxima diversidad; $1-D = 1$, máximo efecto de dominancia.

Índice de equidad de Pielou (J'). Mide la uniformidad de un ecosistema basada en la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener con el mismo número de especies, pero con una equidad máxima. Este índice mide que tan similar es la abundancia de las diferentes especies. Varía entre 0 (una sola especie) y 1 (todas las especies tienen el mismo número de individuos).

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

S : es el número de especies presentes (riqueza).

H' : Índice de Diversidad de Shannon - Wiener

2.1.19. Índices bióticos

Los índices bióticos permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema afectado por un proceso de contaminación. Para lo cual a los grupos de macrobentos se les asigna un número en función de su tolerancia a cierto tipo de contaminante. Los más tolerantes a la contaminación reciben un valor numérico menor, y los más sensibles a la contaminación un valor numérico mayor, y la suma de todos los valores nos indica la calidad del agua. (Alonso y Camargo, 2005 citado por Gamboa 2008)

Pocos países tropicales tienen índices bióticos propios para sus ríos, pero es posible de obtener buenos resultados aplicando índices de los países templados en los países tropicales, debido a que la mayor parte de las familias de macroinvertebrados están repartidas en todo el mundo. (Roldán, 1999 citado por Cordero 2015)

Los primeros índices bióticos fueron los siguientes: Índice de Trent (1964), Índice de Tuffery y Vernaux (1967), Índice de Chandler (1970) y el Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party, 1981) que fue inicialmente establecido en Inglaterra en 1970, el cual ha ido adaptándose y modificándose para incluir familias que no se encontraron en el modelo inicial. Este último índice ha sido adaptado a muchos lugares del mundo: España (IBMWP, IASPT) o Australia (SIGNAL) y en América del Sur, en países como: Brasil (BMWP para la zona de Minas Gerais), Colombia (BMWPA para la región de Antioquia Roldán, 1999), como en Argentina como Índice Patagónico Andino (IAP) y el Biological Monitoring Patagonian Streams (BMPS) de Pizzolon y Miserendino (2001), diseñados para evaluar la contaminación orgánica en la región norte Patagónica, Ecuador y en otros países andinos donde pudo ser apropiado. (Jacobsen, 1998 citado por Prat et al., 2008)

Índice biótico de familias (IBF). Fue adaptado para el análisis de macroinvertebrados bentónicos sin la necesidad de identificación específica de los organismos. El índice biótico de familia se calcula como promedio ponderado de la

abundancia de diferentes especies de macro invertebrados bentónicos. El valor de ponderación es una medida de la tolerancia que presenta cada familia a la contaminación orgánica, van desde 0 (que es asignado a especies menos tolerantes a la contaminación y que se encuentran en ríos de muy alta, excelente calidad de agua o no alterados) a 10 (que es asignado a especies más tolerantes a la contaminación orgánica que se encuentran en ríos altamente contaminados o de calidad de agua de muy mala). Los valores intermedios son asignados a especies que se encuentran entre estas dos condiciones. En la Tabla 6 se presentan los valores de ponderación para cada familia de macroinvertebrados bentónicos asignados por Hilsenhoff en 1988:

Tabla 6

Valores de tolerancia a la contaminación de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación del IBF

Órden	Familia	Puntaje	Órden	Familia	Puntaje
	<i>Capniidae</i>	1	<i>Decápoda</i>	<i>Astacidae</i>	6
	<i>Chloroperlidae</i>	1	<i>Platyhelminthes</i>	<i>Turbellaria</i>	4
	<i>Leuctridae</i>	0		<i>Amnicolidae</i>	6
	<i>Nemouridae</i>	2		<i>Lymnaeidae</i>	6
	<i>Perlidae</i>	1	<i>Mollusca</i>	<i>Physidae</i>	8
	<i>Perlodidae</i>	2		<i>Sphaeridae</i>	8
<i>Plecoptera</i>	<i>Pteroarcyidae</i>	0		<i>Chiliniidae</i>	6
	<i>Taeniopterygidae</i>	2		<i>Brachycentridae</i>	1
	<i>Gripopterygiidae</i>	1		<i>Glossosomatidae</i>	0
	<i>Notonemouridae</i>	0		<i>Helicopsychidae</i>	3
	<i>Diamphipnoidae</i>	0		<i>Hydropsychidae</i>	4
	<i>Eustheniidae</i>	0		<i>Hydroptilidae</i>	4
	<i>Limnephilidae</i>	2		<i>Lepidostomatidae</i>	1
	<i>Baetidae</i>	4	<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	4
	<i>Batiscidae</i>	3		<i>Limnephilidae</i>	4
	<i>Caenidae</i>	7		<i>Calamoceratidae</i>	3
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ephemerellidae</i>	1		<i>Ecnomidae</i>	3
	<i>Ephemeridae</i>	4		<i>Helicophidae</i>	6
	<i>Heptageniidae</i>	4		<i>Hydrobiosidae</i>	0
	<i>Leptophlebiidae</i>	2		<i>Uenoidae</i>	3
	<i>Metretopodidae</i>	2		<i>Molannidae</i>	6

Órden	Familia	Puntaje	Órden	Familia	Puntaje
	<i>Oligoneuriidae</i>	2		<i>Odontoceridae</i>	0
	<i>Polymitarciidae</i>	2		<i>Philopotamidae</i>	2 – 3
	<i>Potomanthidae</i>	4		<i>Phryganeidae</i>	4
	<i>Siphonuridae</i>	7		<i>Polycentropodidae</i>	6
	<i>Tricorythidae</i>	4		<i>Psychomyiidae</i>	2
	<i>Nesameletidae</i>	7		<i>Rhyacophilidae</i>	0
	<i>Ameletopsidae</i>	2		<i>Sericostomatidae</i>	3
	<i>Oniscigastridae</i>	3		<i>Corydalidae</i>	0
	<i>Aeshnidae</i>	3	<i>Megaloptera</i>	<i>Sialidae</i>	4
	<i>Calopterygidae</i>	5	<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	5
	<i>Coenagrionidae</i>	9		<i>Dryopidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Cordulegastridae</i>	3	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	4
	<i>Corduliidae</i>	5		<i>Psephenidae</i>	4
	<i>Gomphidae</i>	1		<i>Athericidae</i>	2
	<i>Lestidae</i>	9	<i>Diptera</i>	<i>Blephariceridae</i>	0
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	9	<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	6
	<i>Macromiidae</i>	3		<i>Chironomidae</i>	7
	<i>Petaluridae</i>	5		<i>Blood-red</i>	8
				<i>Chironomidae</i>	
<i>Amphipoda</i>	<i>Gammaridae</i>	4		<i>Otro Chironomidae</i>	6
	<i>Talitridae</i>	8		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Hyaellidae</i>	8		<i>Empididae</i>	6
<i>Isopoda</i>	<i>Asellidae</i>	8		<i>Ephydriidae</i>	6
	<i>Janiriidae</i>	4		<i>Psychodidae</i>	10
<i>Acari</i>		4		<i>Simuliidae</i>	6
<i>Oligochaeta</i>		8		<i>Muscidae</i>	6
<i>Hirudinea</i>		10		<i>Syrphidae</i>	10
<i>Decápoda</i>	<i>Aeglidae</i>	3		<i>Tabanidae</i>	6
	<i>Parastacidae</i>	6		<i>Tipulidae</i>	3

Nota. Fuente: Hilsehoff (1988) y Figueroa et al. (2003).

El número de individuos para cada familia se multiplica por el valor de ponderación correspondiente y después se suman los resultados de todas las familias. Esta suma se divide para el número total de organismos encontrados en la muestra según la siguiente fórmula:

$$IBF = \sum ni * ai / N$$

Dónde:

ni = es el número de individuos de cada especie

a_i = es el valor de ponderación asignado a cada especie






N = es el número total de individuos en la muestra

Finalmente, los valores obtenidos se comparan con los rangos que se presentan en la

Tabla 7:

Tabla 7

Clasificación de la calidad del agua según el IBF

Clase	Rangos	Estado ecológico	Color
1	0 – 3,75	Muy Bueno, no perturbado	
2	3,76 – 4,63	Bueno, moderadamente perturbado	
3	4,64 – 6,12	Regular, perturbado	
4	6,13 – 7,25	Malo, muy perturbado	
5	7,26 – 10	Muy malo, fuertemente perturbado	

Nota. Fuente: Figueroa et al. (2003).

Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). Este índice utiliza los tres grupos de macro invertebrados más sensibles a la contaminación orgánica, son los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecóptera*, y *Trichóptera*. Estos reflejan la calidad del agua por ser organismos intolerantes a efectos de perturbación. Este índice tiene aplicación para evaluar la calidad del agua debido a la polución orgánica, pero es cuestionable en otros tipos de perturbación. (Metcalf, 1994, citado por Pimentel, 2014).

La metodología a seguir para hallar este índice es: primero ordenar por columnas, según, (Endara, 2012, citado por Pimentel, 2014), sostiene que:

En la primera columna se debe colocar el total de organismos clasificados, en la segunda se coloca la abundancia de estos y en la tercera columna la abundancia de los EPT, y finalmente, el total de individuos pertenecientes a los órdenes EPT se divide entre el total de individuos de la zona evaluada y se multiplica por 100. El cálculo consiste en dividir el número de EPT presentes en la muestra para la cantidad total de organismos de la muestra:

$$EPT = (EPT \text{ Total}/N) * 100$$

Dónde:

EPT = índice EPT.





EPT Total = Número total de individuos de la familia *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, y *Trichóptera* en la muestra.

N = Número total de individuos en la muestra.

Después se compara el valor obtenido con los valores detallados en el Tabla 8.

Tabla 8

Identificación de calidad de agua en función del índice EPT

Clase	Índice EPT (%)	Calidad del agua	Color
1	75 – 100	Muy buena	
2	50 – 74	Buena	
3	25 – 49	Regular	
4	0 – 24	Mala	

Nota. Fuente: Endara (2012), Carrera y Fierro (2001).

Índice EPT/CA. Es un índice de relación que se obtiene de la división entre los individuos correspondientes a EPT y entre los individuos pertenecientes a la familia Chironomidae y al phylum Annelida (CA), los cuales son organismos resistentes a la contaminación de cualquier tipo de contaminantes.

Se obtiene una mejor expresión para dicha condición en que los valores menores a 1 corresponden a ambientes perturbados, y valores mayores de 1, a los ambientes no perturbados por contaminación. Se considera que una relación $EPT/CA > 0,5$ indica aguas en estado óptimo (ninguna o mínima contaminación).

$$\frac{EPT}{CA} = \frac{N^{\circ} \text{ de } Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera}{N^{\circ} \text{ de } Chironomidae + Annelida}$$

Índice BMWP/Col. El índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party) es el índice BMWP modificado por Zamora (1999) para Colombia basada en datos son cualitativos (ausencia o presencia). Este índice BMWP/Col se obtiene a través de un método sencillo y rápido, que sólo requiere que el nivel de reconocimiento sea a nivel de familia y solo tiene en cuenta la presencia de las familias y no su abundancia. Las puntuaciones son determinadas en función de la sensibilidad o la tolerancia de diferentes grupos o familias a la contaminación orgánica, en un rango de 1 a 10. (Naranjo y López, 2013).

Armitage (1983) citado por Jáuregui (2019) precisó que:

Las familias más sensibles como *Perlidae* (Plecoptera) y *Oligoneuriidae* (Ephemeroptera) presentan un puntaje de 10, en cambio las más tolerantes a la contaminación por ejemplo *Tubificidae* (Oligochaeta), tienen una puntuación de uno.

La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP.

En la Tabla 9 se pueden observar los puntajes para las diferentes familias.

Tabla 9

Valores de sensibilidad a la contaminación establecidos por el índice BMWP/Col

Orden	Familia	Punt.	Orden	Familia	Punt.
<i>Turbellaria</i>	<i>Dae</i>	7		<i>Helicopsychidae</i>	8
<i>Hirudinea</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3		<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Cyclobdellidae</i>	3		<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Tubificidae</i>	1		<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Thiaridae</i>	5		<i>Polycentropodidae</i>	9
	<i>Physidae</i>	3		<i>Hydroptilidae</i>	7
	<i>Hydrobiidae</i>	8	<i>Trichoptera</i>	<i>Glossosomatidae</i>	7
<i>Oligochaeta</i>	<i>Lymnaedidae</i>	4		<i>Hydrobiosidae</i>	9
	<i>Sphaeridae</i>	4		<i>Hydropsychidae</i>	7
	<i>Ampullariidae</i>	9		<i>Anomalopsychidae</i>	10
	<i>Ancylidae</i>	6		<i>Philopotamidae</i>	9
	<i>Planorbidae</i>	5		<i>Atriplectididae</i>	10
<i>Bivalvia</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3		<i>Xiphocentronidae</i>	9






Orden	Familia	Punt.	Orden	Familia	Punt.
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	7	<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	5
<i>Crustacea:</i>	<i>Palaemonidae</i>	8		<i>Ptilodactylidae</i>	10
<i>Decapoda</i>	<i>Pseudothelphusidae</i>	8		<i>Noteridae</i>	4
<i>Hydrozoa:</i>				<i>Limnichidae</i>	6
<i>Hidroida</i>	<i>Hydridae</i>	10			
<i>Hydracarina:</i>				<i>Lampyridae</i>	10
<i>Acari</i>	<i>Lymnesiidae</i>	10			
<i>Nematomorpha:</i>				<i>Psephenidae</i>	10
<i>Gordioidae</i>	<i>Chordodidae</i>	10			
	<i>Baetidae</i>	7		<i>Scirtidae (Helodidae)</i>	7
	<i>Leptophlebiidae</i>	9	<i>Coleoptera</i>	<i>Haliplidae</i>	4
	<i>Ephemeridae</i>	9		<i>Lutrochidae</i>	6
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Euthyplociidae</i>	9		<i>Staphylinidae</i>	6
	<i>Polymirtarcyidae</i>	9		<i>Chrysomelidae</i>	4
	<i>Leptohiphidae</i>	7		<i>Elmidae</i>	6
	<i>Caenidae</i>	7		<i>Dryopidae</i>	7
	<i>Oligoneuridae</i>	10		<i>Gyrinidae</i>	9
	<i>Aeshnidae</i>	6		<i>Dytiscidae</i>	9
	<i>Gomphidae</i>	10		<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Lestidae</i>	8		<i>Hydraenidae</i>	9
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	6		<i>Simuliidae</i>	8
	<i>Megapodagrionidae</i>	6	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	3
	<i>Coenagrionidae</i>	7		<i>Ceratopogonidae</i>	3
	<i>Calopterygidae</i>	7		<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Polythoridae</i>	10		<i>Tabanidae</i>	5
	<i>Perlidae</i>	10		<i>Psychodidae</i>	7
<i>Plecoptera</i>	<i>Gripopterygidae</i>	10		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Veliidae</i>	8		<i>Empididae</i>	4
	<i>Gerridae</i>	8		<i>Culicidae</i>	2
<i>Heteroptera</i>	<i>Corixidae</i>	7		<i>Dixidae</i>	7
	<i>Notonectidae</i>	7		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Belostomatidae</i>	5		<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Naucoridae</i>	7	<i>Díptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Hebridae</i>	8		<i>Muscidae</i>	2
	<i>Gelastocoridae</i>	5			
	<i>Mesoveliidae</i>	5			
<i>Hemíptera</i>	<i>Saldidae</i>	8			
	<i>Hydrometridae</i>	4			
	<i>Pleidae</i>	8			
	<i>Nepidae</i>	5			
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	6			
	<i>Sialidae</i>	6			

Nota. Fuente: Roldán (2003).

En la Tabla 10 se puede observar las cinco clases de calidad de agua resultantes de la suma de las puntuaciones obtenidas por las familias encontradas en un ecosistema dado. El total de puntos se designan como valores de BMWP (Naranjo y López, 2013).

Tabla 10

Clases de calidad de agua, valores BMWP

Clase	Valores de BMWP	Calidad del agua	Color
1	>150, 101 – 120	Buena	
2	61 – 100	Aceptable	
3	36 – 60	Dudosa	
4	16 – 35	Crítica	
5	< 15	Muy crítica	

Nota. Fuente: Roldán (2003).

Índice ABI. El ABI (Andean Biotic Index). Es un índice basado en el índice BMWP, aplicado para las estribaciones de los Andes sobre los 2 000 msnm. En este índice están incluidas menos familias de macro invertebrados que, en otras partes del mundo, donde se aplica el índice BMWP, debido a que la altitud restringe la distribución de muchas familias (Ríos-Touma et al., 2014). Por ejemplo, en la región andina las especies de *Plecoptera* y *Ephemeroptera* son naturalmente de baja riqueza por lo que la calidad ecológica de algunas localidades se subvalora.

En las zonas neo tropicales, generalmente, las familias de macroinvertebrados reciben las mismas puntuaciones de resistencia a la contaminación que las familias de las zonas temperadas (Jacobsen, 1998).

En las zonas de los Andes, el gradiente de altitud es muy importante y tiene gran influencia en la presencia y la resistencia a ciertos contaminantes. Además, varias consideraciones como el tipo de vegetación y el factor limitante altitud, no fueron tomadas en cuenta al momento de realizar las adaptaciones del índice BMWP.

Tabla 11

Puntuaciones del Andean Biotic Index (ABI) (Rios et al., en prep.) para las familias de macroinvertebrados acuáticos de los Andes Tropicales distribuidos desde los 2000 m s.n.m hasta el límite con las nieves perpetuas.

Orden	Familia	Punt.	Orden	Familia	Punt.
<i>Turbellaria</i>		5	<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	4
<i>Hirudinea</i>		3	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
<i>Oligochaeta</i>		1		<i>Lampyridae</i>	5
<i>Gasteropoda</i>	<i>Ancylidae</i>	6		<i>Psephenidae</i>	5
	<i>Physidae</i>	3		<i>Scirtidae</i>	5
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	3	<i>Coleoptera</i>	<i>(Helodidae)</i>	5
<i>Turbellaria</i>		5	<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	4
<i>Hirudinea</i>		3	<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
<i>Oligochaeta</i>		1		<i>Lampyridae</i>	5
<i>Gasteropoda</i>	<i>Ancylidae</i>	6		<i>Psephenidae</i>	5
	<i>Physidae</i>	3		<i>Scirtidae</i>	5
	<i>Hydrobiidae</i>	3		<i>(Helodidae)</i>	5
	<i>Limnaeidae</i>	3		<i>Staphylinidae</i>	3
	<i>Planorbidae</i>	3		<i>Elmidae</i>	5
<i>Bivalvia</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3		<i>Dryopidae</i>	5
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6		<i>Gyrinidae</i>	3
<i>Ostracoda</i>		3		<i>Dytiscidae</i>	3
<i>Hydracarina</i>		4		<i>Hydrophilidae</i>	3
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4		<i>Hydraenidae</i>	5
	<i>Leptophlebiidae</i>	10	<i>Díptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Leptohiphidae</i>	7		<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Oligoneuridae</i>	10		<i>Tabanidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6		<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Gomphidae</i>	8		<i>Limoniidae</i>	4
	<i>Libellulidae</i>	6		<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Coenagrionidae</i>	6		<i>Dixidae</i>	4
	<i>Calopterygidae</i>	8		<i>Psychodidae</i>	3
	<i>Polythoridae</i>	10		<i>Dolichopodidae</i>	4
<i>Plecóptera</i>	<i>Perlidae</i>	10		<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Gripopterygidae</i>	10		<i>Empididae</i>	4
<i>Heteróptera</i>	<i>Veliidae</i>	5		<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Gerridae</i>	5		<i>Culicidae</i>	2
	<i>Corixidae</i>	5		<i>Muscidae</i>	2
	<i>Notonectidae</i>	5		<i>Ephydriidae</i>	2
<i>Heteróptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	4	<i>Díptera</i>	<i>Athericidae</i>	10
	<i>Naucoridae</i>	5		<i>Syrphidae</i>	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	10			
	<i>Calamoceratidae</i>	10			
	<i>Odontoceridae</i>	10			
	<i>Leptoceridae</i>	8			
	<i>Polycentropodidae</i>	8			

Orden	Familia	Punt.	Orden	Familia	Punt.
	<i>Hydroptilidae</i>	6			
	<i>Xiphocentronidae</i>	8			
	<i>Hydrobiosidae</i>	8			
	Glossosomatidae	7			
	<i>Hydropsychidae</i>	5			
	<i>Anomalopsychidae</i>	10			
	<i>Philopotamidae</i>	8			
	<i>Limnephilidae</i>	7			






Nota. Punt.: Puntuación. Fuente: Domínguez y Hernández (2009), Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología.

En muchas regiones de América del Sur se han aplicado versiones del índice BMWP (Jacobsen, 1998).

“En Colombia y Argentina se han hecho sus adaptaciones preliminares, y en otras regiones con pocas modificaciones” (Ríos-Touma et al., 2014).

El índice ABI se ha probado en dos cuencas de Ecuador y Perú, para comparar con otras adaptaciones de BMWP usadas anteriormente en el área. Se asignaron como en las otras adaptaciones, valores a cada familia y la suma total de esos valores da el índice ABI. En todas las versiones de BMWP adaptadas a diferentes estudios en América del Sur se han incluido a 111 taxas de macroinvertebrados agregados algunos que no ocurren en la región neo tropical. En el estudio realizado aplicando el índice ABI se excluyeron 52% de familias del estudio original BMWP, 44% del índice adaptado por Península Iberia (IBMWP), 22% del índice adaptado por Colombia (BMWPA) y el 29% de las familias del índice adaptado para Chile (BMWPCCH). (Ríos-Touma et al, 2014)

Tabla 12*Cálculo de la calidad de agua mediante el ABI*

Clase	Rangos	Calidad	Simbología
1	> 74	Excelente	
2	45 – 74	Buena	
3	27 – 44	Regular	
4	11 – 26	Mala	
5	< 11	Muy mala	

Fuente: Acosta, R., Ríos, Rieradevall, M., Prat, N.2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnética* 28 (1), 35 – 64.

2.1.20. Monitoreo biológico o biomonitoreo

Es una metodología basada en el factor biológico de las aguas, de gran interés por ser un factor integrador de todos los restantes que afectan la calidad (Orozco et al., 2011), indica que:

Complementa la química clásica, puesto que pretende conocer el efecto biológico ocasionado por los diferentes contaminantes a lo largo del tiempo. Se basa en determinar la influencia de la contaminación y estructura de las comunidades biológicas que viven en las aguas y los cambios que se producen en las mismas.

2.1.21. Parámetros no conservativos de calidad de agua superficial

Son sustancias que pueden ser degradadas por los procesos naturales de auto-purificación y sus concentraciones se reducen con el tiempo, dependiendo de la calidad del agua receptora, de la temperatura y de otros factores ambientales. Entre ellos se tienen los compuestos orgánicos de nitrógeno y fósforo (nutrientes), aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales.

2.1.22. Parámetros conservativos de calidad de agua superficial

Son aquellos que no son afectados por los procesos naturales, en principio dichas concentraciones solo son reducidas por dilución. Dentro de este tipo de contaminación se encuentran los metales (arsénico, aluminio, sodio, plomo, mercurio, boro, hierro, manganeso,

zinc, etc.). Su estructura química se mantiene a lo largo del tiempo a pesar de su interacción con los materiales del medio.

2.1.23. Variables físico-químicas

Se basa en la química clásica y en el estudio de parámetros físico-químicos para valorar la contaminación del agua.

Temperatura. La temperatura es una medida física que expresa el grado o nivel de calor o frío de los cuerpos o del ambiente e influye notablemente en la calidad del agua.

Afecta a parámetros o características tales como:

- Solubilidad de gases y sales (ley de Henry y curvas de solubilidad).
- Cinética de las reacciones químicas y bioquímicas (aumento de la velocidad de reacción con la temperatura – Ley de Vant’Hoff).
- Desplazamientos de equilibrios químicos (un aumento de la temperatura los desplaza en el sentido en que son endotérmicos – Principio de Le Chatelier).
- Tensión superficial.
- Desarrollo de organismos presentes en el agua.

Es un parámetro muy importante, ya que, influye en la obtención de resultados confiables en el campo o en el laboratorio. La variación de la temperatura del agua depende del clima local y las influencias del entorno. Es uno de los factores más importantes en cuanto a las condiciones del sistema acuático. La solubilidad del oxígeno en el agua aumenta a medida que disminuye la temperatura. La mayor parte de los organismos acuáticos son de tipo poiquiloterma, es decir, que su temperatura interna no puede ser regulada (homoterma) como sucede en las aves y mamíferos, por lo que esta puede variar de acuerdo con la temperatura ambiental (Roldán y Ramírez, 1992).

Potencial de iones hidrógeno (pH). Es una expresión del carácter ácido o básico del agua u otra sustancia líquida, determinada por el número de iones hidrógeno presente. Su

importancia radica dependiendo del valor del pH en que pueden limitar la posibilidad de vida acuática y de muchos usos del agua. Tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, el potencial redox del agua.

En el agua de mar, así como en muchas aguas dulces, el par amortiguador más importante es el sistema carbonato/hidrogenocarbonato. En el mar, le siguen los pares correspondientes al silicato, borato y fosfato; en el agua dulce, el silicato.

La acidez se debe a la presencia de dióxido de carbono libre, ácidos minerales y orgánicos y sales con cationes que sufran hidrólisis ácida. Las principales fuentes naturales que ocasionan un aumento de acidez de las aguas son el dióxido de carbono atmosférico, ácidos orgánicos provenientes de la descomposición de materia vegetal o animal y el contenido en ácidos húmicos y fúlvicos. Entre las fuentes antropogénicas tiene importancia el agua procedente del drenaje de minas, que pueden aportar, el cual aún puede sufrir un proceso de oxidación a hierro (III), reacción en la que se liberan protones y se origina, por tanto, un aumento todavía mayor de la acidez.

Entre los efectos perjudiciales que puede provocar un incremento de la acidez, podríamos señalar:

- Destrucción de la vida acuática, a niveles de $\text{pH} < 4$ se destruyen todos los vertebrados, muchos invertebrados y microorganismos, así como la mayoría de plantas superiores.
- Daños a las cosechas, si el agua rebaja los límites de pH entre 4,5 y 9 causa problemas al suelo. Un agua ácida ($\text{pH} < 4,5$) aumenta la solubilidad de sales de hierro, aluminio, magnesio y otros metales que pueden resultar tóxicos para las plantas. Un pH muy básico puede inmovilizar algunos oligoelementos esenciales.

El mejor procedimiento para precisar el pH es que éste sea determinado in situ. El método de medición usado es el electrométrico debido a su facilidad y exactitud.

Conductividad. Es la capacidad del agua para transportar la corriente eléctrica. Esta capacidad depende de los iones presentes en el agua debido a la división de sales orgánicas, ácidos y bases.

Su importancia, radica en que permite estimar cuantitativamente los sólidos totales disueltos (STD) en una muestra de agua y verificar en forma rápida la variación del contenido de sales disueltas en aguas superficiales. Así mismo los cambios en la conductividad nos pueden indicar intrusión salina u otras fuentes de contaminación. En las aguas continentales, los iones que son directamente responsables de los valores de la conductividad son, entre otros, el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio, los carbonatos, los sulfatos y los cloratos.

El método de medición más usado es el potenciométrico debido a su facilidad y exactitud, está relacionado con los conceptos de salinidad y dureza, se recomienda medir in situ.

En cuanto a la salinidad, los problemas ocasionados en la vida acuática están relacionados con los procesos osmóticos y la tendencia del agua a salir de las células y pasar al medio circundante, cuando éstas se encuentran en el seno de una disolución con una presión osmótica superior a la suya.

Oxígeno Disuelto (OD). Es el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, proveniente principalmente del oxígeno absorbido de la atmósfera por el movimiento constante del agua como los oleajes, saltos o rápidos (reaireación por agitación). Otra fuente de oxígeno disuelto es la fotosíntesis del fitoplancton, las algas, las plantas acuáticas (eliminan dióxido de carbono y lo reemplazan con oxígeno) la importancia del oxígeno en el agua es vital para la vida acuática (peces, plantas, bacterias aerobias, etc.), por ello la falta del

mismo es dañina para ella. Los peces necesitan los niveles de oxígeno disuelto más elevados y las bacterias los más reducidos.

Así mismo, la falta de oxígeno disuelto es un indicador de contaminación que puede estar en función de la presencia de plantas acuáticas, materia orgánica oxidable, de organismos y de géneros aerobios, existencia de grasas, de hidrocarburos, de detergentes, etc.

El oxígeno disuelto debe medirse in situ, ya que, las concentraciones pueden variar en un corto tiempo, para realizar mediciones muy exactas, se debe considerar el potenciométrico.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). La demanda bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias principalmente para descomponer materia orgánica bajo condiciones aeróbicas, lo que quiere decir en términos generales que el DBO₅ permite conocer la cantidad de materia orgánica presente en el cuerpo de agua.

Es el parámetro que se maneja para tener una idea de la concentración en materia orgánica biodegradable; se calcula midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua después de incubar una muestra durante 5 días a 20 °C. La reacción se lleva a cabo en la oscuridad, para evitar la producción de oxígeno por las algas, a dilución adecuada, y mantenimiento el pH entre 7 -7,5. Las unidades de medida son, por lo tanto, mg O₂/L (ppm O₂).

Las aguas industriales deben sembrarse con microorganismos. En estas condiciones de reacción, en 5 días se degrada un 60% – 70% de la materia orgánica carbonada; la nitrificación del amoníaco producido por las proteínas comienza entre los 6 y 10 días.

Unos valores elevados de DBO₅, indican una alta concentración de materia orgánica biodegradable:

- aguas muy puras DBO₅ < 3 ppm O₂
- pureza intermedia, DBO₅ 3-5 ppm O₂

- agua contaminada, $\text{DBO}_5 > 8 \text{ ppm O}_2$
- residuales urbanas, $\text{DBO}_5 100 - 400 \text{ ppm O}_2$
- industria alimentaria o semejante, DBO_5 hasta $10\,000 \text{ ppm O}_2$.

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

Las masas de agua con altos niveles de fosfatos, generalmente, tienen niveles altos de DBO_5 debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas y posteriormente, a los niveles bajo de oxígeno disuelto. Del mismo modo, los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes pudiendo llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras.

Nitratos. El nitrato es la forma más altamente oxidada de los compuestos de nitrógeno, se encuentra comúnmente en las aguas superficiales como resultado de la descomposición aeróbica de la materia orgánica nitrogenada, además, están presentes como resultado de la esorrentía en campos agrícolas en donde se han aplicado fertilizantes químicos, del drenaje de campos donde se alimenta ganado, asimismo, al vertimiento de aguas domésticas e industriales sobre cuerpos naturales.

Las aguas naturales no contaminadas, contienen cantidades mínimas de nitrato. Es importante señalar que las concentraciones excesivas de nitrato en aguas empleadas para consumo directo son peligrosas para los infantes, ya que, en el tracto intestinal los nitratos son reducidos a nitritos los cuales pueden causar metahemoglobinemia.

En aguas superficiales, el nitrato es un nutriente tomado por las plantas y convertido en proteína celular. El crecimiento estimulado de las plantas, especialmente algas, puede causar eutrofización. La muerte y descomposición subsiguientes de las plantas producen contaminación secundaria.

Sulfatos. Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general, en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.

Sólidos Suspendidos Totales (SST). Hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual.

Los SST son el residuo no filtrable de una muestra de agua. Se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente, se seca a una temperatura estándar hasta un peso constante.

Metales Totales. Los metales presentes en el agua, de manera general, provienen de las actividades mineras e industriales, también existen procesos naturales que por lixiviación natural o erosión aportan minerales al cuerpo de agua, ya sea, en estado de suspensión o en solución. Las mediciones de estos constituyentes solo se realizan en laboratorios analíticos y

con profesionales especializados en el manejo de equipos sensibles (de absorción atómica) a la detección de pequeñas concentraciones.

2.1.24. Variables microbiológicas

Los microorganismos más importantes que podemos encontrar en las aguas son: bacterias, virus y distintos tipos de algas (por ej. Las azul verdosas). La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que, los agentes patógenos – bacterias y virus – se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa).

Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación.

Los agentes patógenos no suelen sobrevivir en el agua períodos de tiempo prolongados, su análisis no es rutinario por esta razón, y por hallarse en números reducidos y tardarse demasiado tiempo en obtener resultados, se utilizan unos organismos indicadores – junto a algunos análisis específicos – como base para determinar este tipo de contaminación. Los más conocidos son las bacterias coliformes, que viven en el intestino grueso, no son patógenos y su presencia permite diagnosticar el tiempo transcurrido desde una contaminación fecal. Suelen determinarse los coliformes totales y los coliformes fecales.

Un indicador más secundario, pero que se determina habitualmente, son los estreptococos fecales, cuya presencia es fácil de detectar (aunque en menor número que los coliformes) en aguas recientemente contaminadas y están ausentes en aguas que están fuera de sospecha de contaminación.

También es bastante frecuente la determinación de los clostridium sulfito-rreductores como indicadores de contaminación de alto riesgo del agua. La ventaja más importante es que sus esporas sobreviven en el agua mucho más tiempo que los organismos del grupo coliforme

y son resistentes a la desinfección, al punto que pueden ser detectados en algunas muestras de agua después de haber recibido predesinfección, floculación, sedimentación, filtración y la desinfección terminal (Payment, 1991).

Las bacterias responsables de la descomposición de la materia orgánica no tienen importancia desde el punto de vista sanitario, ya que no son patógenas y no se hallan en el tracto intestinal de hombres y animales.

Algunos gérmenes patógenos de carácter más individualizado que se deben analizar en aguas potables son, por ejemplo, salmonellas, estafilocos y enterovirus.

Las algas pueden ser causantes de diversos olores y sabores de las aguas, fundamentalmente en épocas de putrefacción o de sequía.

Coliformes Totales. El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aerobias y facultativas anaerobias, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35°C (o 37° C). El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la excreción diaria por habitante varía entre 125×10^9 y 400×10^9 . Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y, por lo tanto, de contaminación con organismos patógenos.

III. Método

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Tipo y nivel de la investigación

- Tipo de Investigación: Básica
- Diseño de Investigación: No experimental.

3.1.2. Nivel de la investigación

- Descriptivo: Permite el conocimiento de la realidad tal y como se presenta en un momento y lugar determinado.
- Explicativo: Se descubren que factores causa, generan o afectan la ocurrencia de un fenómeno o un hecho dado.
- Longitudinal o evolutiva: Se recolectan datos en diferentes puntos del tiempo para realizar inferencias acerca del cambio, sus causas y sus efectos.

3.2. Ámbito temporal y espacial

- Ámbito temporal: La calidad biológica del agua se realizó entre los años 2009-2018.
- Ámbito espacial: La investigación se realizó en la parta alta de la cuenca del río Cañete, sector RPNYC.

3.3. Variables

Se detallan la variable independiente y dependiente, según el objetivo de la tesis.

Tabla 13

Variables e indicadores del estudio

Independiente	Indicador	Unidades
Macroinvertebrados bentónicos	Riqueza de macroinvertebrados	Nº especies
	Abundancia de macroinvertebrados	Nº individuos
	Composición de la comunidad bentónica	Tipos de Familia
Dependiente	Indicador	Unidades
Calidad biológica del agua	Índices de diversidad	
	Índices bióticos	

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Los ríos Alis y Cañete ubicados dentro de la RPNYC en el sector correspondiente a la parte alta de la cuenca del río Cañete. Los criterios que se han seguido para su determinación son:

Criterio Espacial

- La cuenca hidrográfica es la unidad geográfica e hidrológica de integración de los diferentes procesos que afectan la condición ecológica de estos ecosistemas (Naiman, 1992, citado por Segnini, 2003, p. 7).
- La estructura y funcionamiento de los sistemas lóticos está íntimamente asociada a la geología, al tipo de vegetación y a otros factores que operan a nivel del paisaje (Vannote et al., 1980, citado por Segnini, 2003, (p.7).

Criterio de Temporalidad

Tomando en cuenta las ventajas señaladas y lo expresado por varios investigadores se creyó conveniente efectuar los muestreos sólo durante el mes de marzo que corresponde al final de la temporada lluviosa.

Al referirse en su *Estudio de la Cuenca Altoandina del río Cañete (Perú):*

Distribución Altitudinal de la Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos acerca de la composición y distribución de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en donde señala que (Acosta, 2009):

- En época seca, sucede la disminución de hábitats o biotopos de este grupo de organismos que se caracterizan por ser sedentarios dentro su entorno; ocurre, además, la reducción del caudal del agua por ausencia de lluvias.
- No hay diferencias significativas en la riqueza de especies entre un periodo y otro.

- Durante la época húmeda, se observó el aumento del número total de especies y la abundancia de individuos. Este comportamiento fue característico del *phylum Arthropoda* (grupo más abundante), con lo cual se explicaría que en cada estacionalidad los cuerpos de agua varían en sus características físicas y químicas favoreciendo el establecimiento de algunas especies de macroinvertebrados.

Los patrones de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos encontrados son los que se mencionan:

- Los resultados fueron analizados considerando tanto la variabilidad en el gradiente altitudinal, como el tamaño de los ríos (orden de río) y las temporadas de pluviosidad (seca y de lluvias).
- Las variables fisicoquímicas del agua considerando la época de muestreo, el orden del río y los rangos de altitud, sólo se detectaron diferencias significativas entre la época seca y lluviosa para la temperatura y la concentración de cloruros.
- Por el contrario, analizando las mismas variables bajo el criterio del orden de río y los rangos de altitud, encontramos diferencias significativas en la mayoría de las variables a excepción de la concentración de oxígeno disuelto y los nutrientes (fósforo, nitratos y amonio).
- La composición de los taxa por órdenes taxonómicos mostró pocas variaciones durante las épocas muestreadas.
- La riqueza de taxa de macroinvertebrados fue significativamente mayor durante la época lluviosa, aunque al estandarizar el tamaño de muestra mediante la rarefacción, estas diferencias, al igual que las de la diversidad de Shannon resultaron no significativas.

- Con respecto al orden de río, la riqueza rarefactada y la diversidad de Shannon muestran diferencias significativas asociadas sólo a las estaciones ubicadas en ríos de primer orden, respecto a todas las demás son significativas.
- Considerando los rangos de altitud, se encontró una mayor en la riqueza absoluta de taxa en el rango 1 (2500 a 3000 msnm), la cual sin embargo no fue significativa estadísticamente, como tampoco lo fueron, la riqueza rarefactada y la diversidad de Shannon.

3.4.2. Muestra



Los criterios para la determinación de la muestra, ubicación y cantidad son los siguientes:



- Continuidad: Las tres estaciones NOR-HB-03, NOR-HB-04 y NOR-HB-06 corresponden al Inventario del Patrimonio Natural (IPN) de la RPNYC realizado en el año 2009. Adicionalmente, se han seleccionado siete (07) estaciones de monitoreo en base a:
 - La representatividad de hábitat tratando de cubrir en lo posible la mayor cantidad de hábitats desarrollados dentro del área de estudio.
 - El grado de intervención antrópica en la cuenca.
 - La cercanía a los focos de contaminación: unidades mineras en operación y pasivos mineros identificados que se encuentran en la base de datos del OEFA del año 2010.
 - La accesibilidad.



La muestra se obtuvo mediante el método de muestreo no probabilístico, el cual es establecido por el criterio del investigador.



En la Tabla 14 se presentan las características de las estaciones de muestreo:

Tabla 14*Coordenadas de las estaciones de muestreo*

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum		Altitud (msnm)	Fotografía
		WGS 84 – Zona 18S			
		Este	Norte		
NOR HB6	Aguas debajo de Tanta. Subcuenca Alto Cañete. Se ubica aguas abajo del CC.PP de Tanta.	389 649	8 660 305	4 253	
MA-06	Aguas arriba de Vilca, dentro de la Subcuenca Alto Cañete. Se ubica aguas abajo de pasivos mineros identificados en la divisoria de aguas de la cuenca (Quebrada Untush)	407 002	8 662 888	3 921	

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)	Fotografía
		Este	Norte		
MA-01	Río Cañete, a la salida de la subcuenca medio alto Cañete. Aforo de la parte alta del río Cañete luego de la RPNYC.	407 500	8 626 129	2 721	
MA-02	Río Cañete aguas debajo de pasivos en Yapay, dentro de la subcuenca medio alto Cañete. Aguas abajo de la confluencia con la quebrada río Seco antes de la confluencia con el río Laraos.	410 056	8 636 878	2 700	

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)	Fotografía
		Este	Norte		
MA-03	Se ubica en la quebrada Pumacocha antes de la confluencia con la quebrada Tintircullpa. Río Laraos aguas debajo de la U.M. San Valentín, dentro de la Subcuenca Medio Alto Cañete.	421 759	8 629 412	4 204	
MA-04	Río Laraos antes de la confluencia con la quebrada Pumacocha fuera del área de influencia de la U.M. San Valentín dentro de la Subcuenca Medio Alto Cañete.	424 310	8 628 203	4 443	

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)	Fotografía
		Este	Norte		
MA-05	Río Cañete, antes de la confluencia con el río Alis, dentro de la subcuenca Alto Cañete.	412 321	8 641 453	3 183	
MA-07	Río Tinco, aguas debajo de la confluencia entre las quebradas Chumpe, Huacuypacha y Macha fuera del área de influencia de la U.M. Yauricocha.	424 484	8 641 850	3 987	



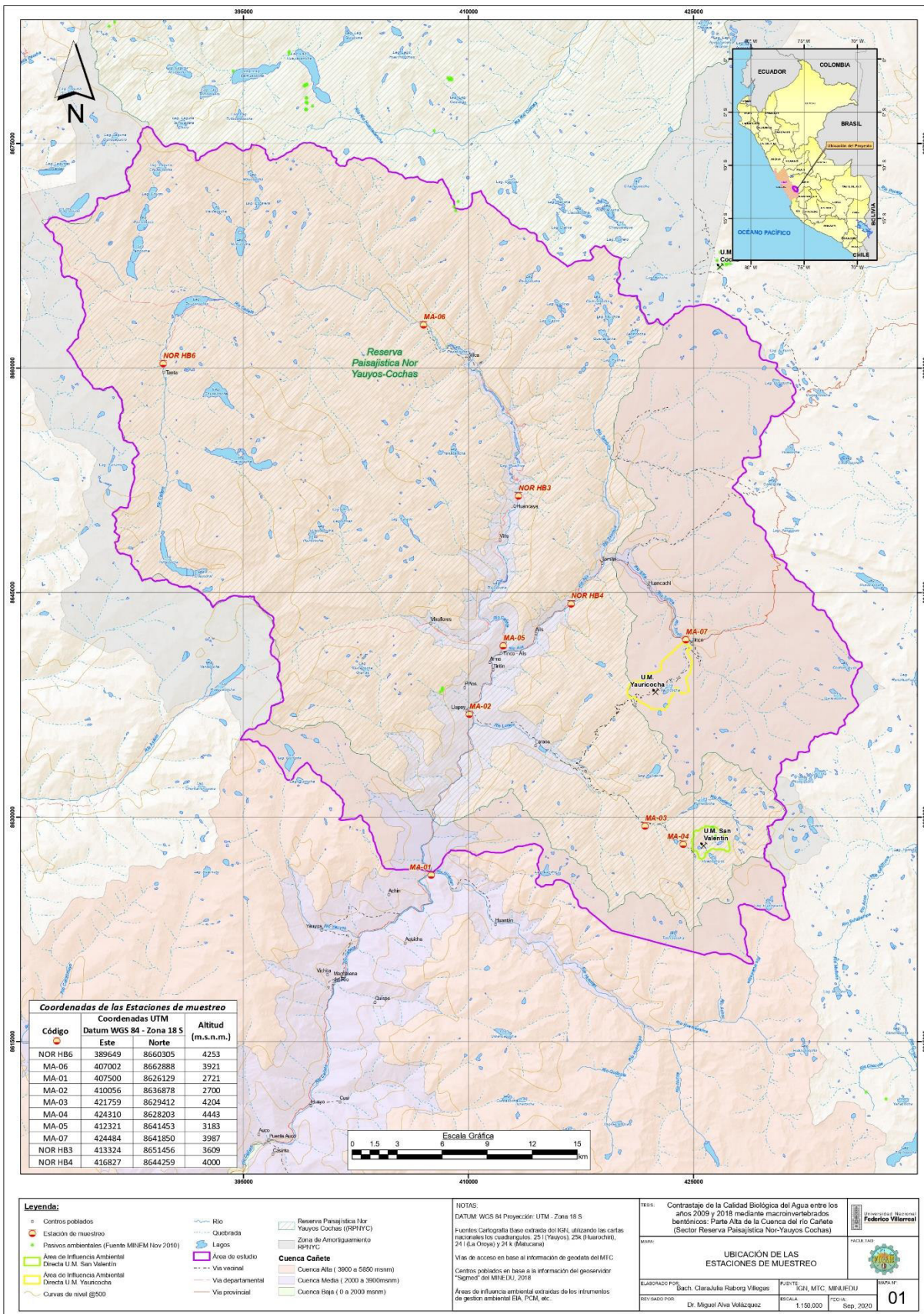
Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)	Fotografía
		Este	Norte		
NOR HB3	Río Cañete aguas debajo de la quebrada Uco. Aguas arriba del distrito de Huancaya, dentro de la Subcuenca Alto Cañete.	413 324	8 651 456	3 609	
NOR HB4	Río Alis (río Cañete) aguas debajo de la confluencia entre las quebradas Suchoc y Pampana, dentro de la subcuenca de río Alis.	416 827	8 644 259	4 000	

Figura 7

Mapa de estaciones de muestreo



Mapa 1: Estaciones de Muestreo

Para el desarrollo de la presente investigación, en cumplimiento del marco legal para la protección de las Áreas Naturales Protegidas por el Estado, se obtuvo la correspondiente autorización de parte de la Jefatura de la RPNYC (Anexo 2)

3.5. Instrumentos

Mapas empleados

Para generar la información cartográfica, se han utilizado las cartas nacionales de los cuadrángulos: 25l (Yauyos), 25k (Huarochirí), 24l (La Oroya) y 24k (Matucana) elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el INGEMMET, la base de datos de centros poblados que fue obtenida del geoservidor del Ministerio de Educación (MINEDU), las vías de acceso actualizadas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Mapa de Cobertura Nacional elaborado el año 2015 por el MINAM y del Mapa Ecológico elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Los mapas temáticos desarrollados:

- Mapa de Ubicación de las Estaciones de Muestreo – escala 1: 150 000
- Mapa de Ubicación del Área de Estudio – escala 1: 500 000
- Mapa de Vías de Acceso – escala 1: 500 000
- Mapa de Formaciones Geológicas del Área de Estudio – escala 1: 150 000
- Mapa de Características Geomorfológicas del Área de Estudio – escala 1: 150 000
- Mapa Hidrográfico - escala 1: 1500 000
- Mapa de Cobertura Vegetal del Área de Estudio - escala 1: 1500 000
- Mapa de Zonas de Vida - escala 1: 150 000

3.2. Equipos

- GPS Marca GARMIN, se utilizó para marcar coordenadas de estaciones en campo.

- Multiparámetro WTW 340i, Medición de pH, Temperatura (T°), Oxígeno Disuelto (O.D.), Conductividad Eléctrica (C.E.).
- Estereoscopio Olympus SZ40 y microscopio Olympus CH30.
- Procesador (PC), para el procesamiento de datos.
- Impresora - Scanner, usada en la elaboración de los diferentes informes de la tesis.
- Disco Duro extraíble, utilizado en almacenamiento de las imágenes satelitales y de los archivos obtenidos de su procesamiento.
- Cámara Fotográfica SONY, Captura de imágenes durante el muestreo.
- Fotocopiadora.

Materiales

- Red Surber, 0.09 m² de área y net de 500 μm de apertura para la captura de organismos. Consiste en dos marcos articulados por uno de sus lados. Uno de los marcos se ubica horizontalmente sobre el fondo del curso de agua y sirve para delimitar el área de muestreo, el otro se dispone verticalmente y servirá para sostener la red de captura del material removido la cual puede o no tener un frasco colector en su extremo. El muestreador se ha diseñado para ser utilizado en aguas de 30 cm de profundidad o menos y la técnica de muestreo consiste en levantar las piedras contenidas dentro del área de muestreo, voltearlas y refregarlas ligeramente, dejando que los organismos que se sueltan de ellas sean capturados por la red sostenida por el marco vertical.
- Tamices de tamaños de 0.3, 0.5, 1 y 2 mm para separar mediante el colado las partículas del suelo de diferente tamaño (barro, arena o agua) y pequeños organismos.
- Pinzas metálicas de punta fina y frascos de boca ancha (2 a 3): Captura de organismos de tamaño mediano y cuerpo duro. Se utilizaron en campo para

depositar el sustrato extraído con las redes, y con las pinzas se capturaron los macroinvertebrados restantes en la red y se depositaron en los frascos de boca ancha, además, se emplearon en la separación del material biológico y conteo de organismos.

- Lupa de bolsillo: Reconocimiento o identificación de organismos.
- Raspador o espátula: Raspado, extracción de organismos adheridos en sustratos duros.
- Alcohol al 70% y glicerina, para la conservación de los macroinvertebrados bentónicos en campo y en laboratorio, respectivamente.
- Cinta de embalaje y etiquetas.
- Piceta.
- Lápiz y rotulador resistente al agua.
- Frascos o botellas de plástico de boca ancha de 2000 mL.
- Recipientes de vidrio esterilizados con capacidad para 600 mL.

Servicios

Los datos químicos, físicos y microbiológicos fueron obtenidos del monitoreo ambiental realizados por el laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A. (ENVIROTEST), el cual está acreditado ante el INACAL.

Software

ARCGIS 10: Desarrollado y comercializado por Esri (Environmental Systems Research Institute), se utilizó en el mapeo preliminar y para la generación de los mapas temáticos.

3.6. Procedimientos

El presente trabajo se sustenta en la información bibliográfica recopilada de fuentes documentadas, de la estadística existente de la parte alta de la cuenca del río Cañete, de los

datos y muestras recogidas en campo, que permitieron responder a las interrogantes que son motivos de estudio.

Primera etapa o etapa preliminar de gabinete

Comprende la recopilación, clasificación y análisis sistemático de la información existente de la zona de estudio. En esta etapa se ha recogido y seleccionado información procedente de estudios anteriores acerca de aspectos de interés entre ella información geológica, climática, topográfica y ecológica.

Segunda etapa o etapa de campo

Tuvo por finalidad consolidar la información obtenida en la etapa anterior. Comprendió el levantamiento de información *in situ* de las características físicas y ambientales en las estaciones e incluyó los análisis en laboratorio de las muestras de macroinvertebrados bentónicos y de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos.

Etapa final o redacción del informe

Se procesaron los datos obtenidos en la etapa anterior se efectuaron las comparaciones, ajustes necesarios para la elaboración del informe final.

En este apartado se detallan los procedimientos que se llevaron a cabo para la realización del presente trabajo de investigación:

3.6.1. Muestreo físico-químico y microbiológico

En cada una de las estaciones se evaluaron 15 variables fisicoquímicas, microbiológicas e hidrológicas. Las variables fisicoquímicas medidas *in situ* fueron oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad eléctrica; además en laboratorio se analizaron fosfatos, sólidos suspendidos totales, sulfatos y otras variables utilizando la metodología de análisis apropiada para cada variable. La variable microbiológica analizada en laboratorio fue coliformes totales. Y finalmente, la variable hidrológica medida *in-situ* fue el caudal (Tabla 15).

Tabla 15*Requisitos para toma de muestras de agua y preservación*

Parámetro	Recipiente	Volumen mín. de muestra	Tipo de muestra	Preservación y Conservación	Tiempo Máximo de duración
Físico-químico					
Temperatura				Análisis inmediato in situ	
pH				Análisis inmediato in situ	
Conductividad				Análisis inmediato in situ	
Oxígeno Disuelto				Análisis inmediato in situ	
DBO	P, V	1000 mL	As	Refrigerar	48 horas
Fosfato	V (A)	100 mL	As	Refrigerar	48 horas
Metales	P	100 mL	As	Agregar HNO ₃ , hasta pH<2	6 meses
Nitrato	P, V	100 mL	As, Ar	Refrigerar	48 horas
Sólidos Totales Suspendidos (SST)	P, V	500 mL	As	Refrigerar	2 a 7 días
Sulfatos	P, V	100 mL	As, Ar	Refrigerar	28 días
Microbiológico					
Coliformes Totales	V	250 mL	Ar, As	Refrigerar	6 – 24 horas

Nota. Plástico (P) y Vidrio (V). Fuente: ANA (2011), Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial.

Luego de la toma de las muestras de agua se procedió a la preservación, etiquetado y rotulado de los envases.

Se efectuó el muestreo de las variables físico-químicas y microbiológicas (bacteriológico) debido a que el uso de bioindicadores no desplaza al método tradicional de los análisis fisicoquímicos, ya que, los macro invertebrados no son sensibles a algunas perturbaciones como la presencia de patógenos de origen humano como coliformes o parásitos (Giacometti y Barbosa, 2006, citados por Cordero, 2015).

3.6.2. Muestreo de macroinvertebrados bentónicos

Caracterización del hábitat. Antes de iniciar el muestreo en cada estación, se procedió a identificar el hábitat o hábitats existentes en el tramo correspondiente. Estos hábitats fueron definidos en base a diferentes combinaciones tales como: profundidad (somero-profundo), velocidad de agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato

(grandes rocas y guijarros, guijarros decimétricos, gravas, arenas y limos), presencia de vegetación (hidrófitos o helófitos). Los ríos estudiados se caracterizaron por poseer distintos hábitats como orillas pedregosas o desprotegidas, con sustrato predominante de tipo duro, compuesto de arena, gravas, piedras, y en algunos casos rocas de regular tamaño.

El río Alis presentó aguas claras (mostraba un leve verde claro como color aparente), con orillas estrechas y sustrato pedregoso cubierto de vegetación en casi toda su extensión; pendiente suave, con vegetación arbustiva circundante. El sustrato fue de tipo duro, predominando arena, grava y piedras.

Las estaciones evaluadas a lo largo del río Cañete presentaron aguas de tipo “clara”, encontrándose orillas estrechas y de sustrato pedregoso o rocoso en la mayoría de los casos, con hábitats formados por pequeñas playas arenosas, de grava y piedra, y vegetación propia de zonas altoandinas (ichu *Stipa ichu*). El sustrato fue de tipo duro, predominando el canto rodado, la arena y rocas de regular tamaño.

Colecta de muestras. El muestreo empezó aguas abajo del final del tramo delimitado y se procedió hacia aguas arriba, esto se realizó para evitar enturbiar el agua que todavía no era muestreada, y sobre todo para evitar que los macroinvertebrados se dejen arrastrar por la corriente al detectar las vibraciones.

Carrera y Fierro (2001) citado por Jámez-Cuéllar et al. (2002) se siguieron siguientes procedimientos para la recolección de macroinvertebrados bentónicos:

- Se buscó macroinvertebrados en las piedras y hojas, que se encontraron en el fondo, en la superficie y en la orilla de los ríos, también se realizó en el fondo pedregoso y con vegetación flotante, tomando en consideración lo recomendado por los especialistas que aconsejan que esto debe hacerse en ríos corrientosos y con piedras grandes. No es aconsejable hacerlo en ríos que tienen fondo arenoso o arcilloso y que no tienen hojarasca en las orillas.

- Se muestraron todos los hábitats presentes con una red Surber de 0.09 m² de área de superficie y de 500 µm de diámetro de malla, por espacio de 30 minutos. El muestreo se realizó colocando la red Surber en el fondo del río a contracorriente y el área de ésta se lavó bajo el agua de manera que los organismos sean atrapados en la malla.
- Se removió el sustrato aguas arriba con la mano o el pie, realizando un movimiento zigzagueante con la red para que todo el material removido entre a través de ésta.
- Las piedras se limpiaron bien dentro de la red o en una batea por ambas caras, así como troncos, raíces, masas de algas, etc.
- En cada estación se obtuvieron 3 muestras, cada una recolectada en un tiempo de 10 minutos en cada microhábitat identificado, cada muestra colectada se almacena en frascos de plástico de boca ancha de 1L con alcohol al 96% y rotulada.

Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su identificación taxonómica mediante una lupa binocular estereoscópica.

Identificación de los taxones. La separación del material biológico, conteo de organismos e identificación de los macroinvertebrados bentónicos se realizó en las instalaciones del laboratorio certificado de alta precisión ENVIROTEST S.A., para mejor sustento de la calidad de los resultados se utilizó un microscopio estereoscópico, con un aumento de hasta 45 veces.

La identificación de los macroinvertebrados bentónicos se efectuó hasta el nivel taxonómico más bajo posible, comenzando por el orden y luego la familia, agrupando de acuerdo a características morfológicas similares en cada grupo taxonómico correspondiente con la ayuda de las claves taxonómicas en bibliografía especializada: Edmonson, 1976; McCafferty, 1981; Wiggings, 1984; Pennak, 1991; Roldán, 1996; Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Domínguez, 2001; Posada y Roldán, 2003; Domínguez y Fernández, 2009.

Cálculo de índices de diversidad e índices bióticos. Posteriormente, a los resultados de macroinvertebrados obtenidos en cada estación se procedió a calcular los índices bióticos: IBF (Índice Biótico de Familias), EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*), EPT/CA, BMWP (Biological Monitoring Working Party) y ABI (Andean Biotic Index).

3.7. Análisis de Datos

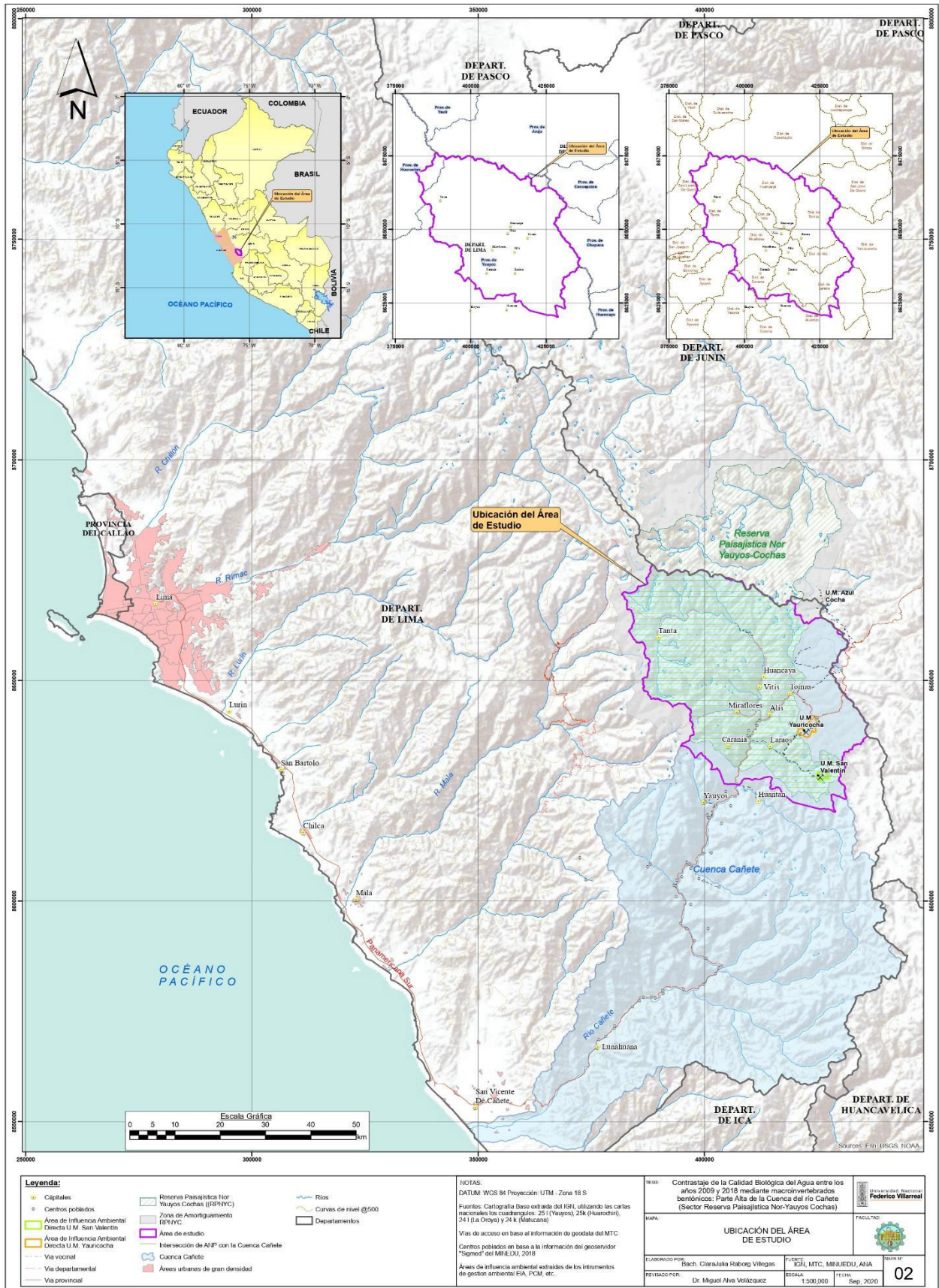
3.7.1. Características del área de estudio

3.7.1.1. Ubicación

El área de estudio se ubica entre los paralelos 11°58' y 13°09' de latitud Sur y los meridianos 75°31' y 76°31', de longitud Oeste en la cuenca alta y media del río Cañete en la RPNYC. La cuenca del río Cañete dentro de la RPNYC ocupa una extensión total de 137 407.726 ha, la cual representa el 62.1% del área total de la RPNYC (IEPN en la RPNYC, 2009).

Figura 8

Mapa de ubicación



3.7.1.2. Accesibilidad

En la Tabla 16 se muestra la ruta de acceso en camioneta desde la ciudad de Lima, Lima – Cañete, con un recorrido de aproximadamente 5 horas y en el Mapa 3 las vías de acceso.

Tabla 16

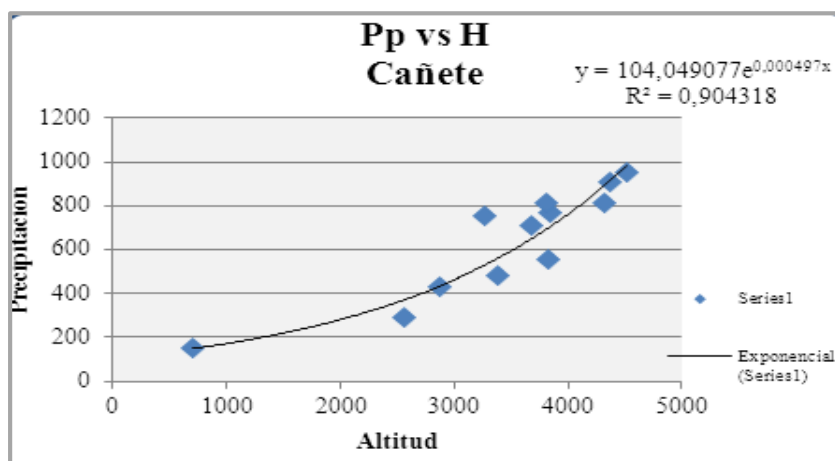
Ruta de Acceso desde la ciudad de Lima

Tramo	Distancia (Km.)	Tipo de Vías
Lima – Cañete	150	Asfaltada
Cañete – Lunahuana	38	Asfaltada
Lunahuana – Caserío Llapay	142	Asfaltada
Caserío Llapay – Laraos	12	Afirmada

3.7.1.3. Clima y meteorología

El área de estudio presenta tipos climáticos que comprenden una secuencia gradual térmica desde el patrón semi-cálido hasta el frígido, evidenciado por un régimen de temperatura cuyos valores promedio descienden en forma progresiva.

Precipitación. “El área de estudio presenta valores de precipitaciones medias totales anuales que varían entre 600 a 900 mm en la parte alta y 200-600 mm en la parte media” (Gómez et al. 2013). La temporada húmeda se presenta entre los meses de diciembre a marzo. En la parte más alta sobre los 4000 msnm, la precipitación se presenta en forma de granizo o de nieve. La ecuación que se presenta en la Figura 7, que relaciona la precipitación con la altitud muestra una tendencia exponencial.

Figura 9*Ecuación regional precipitación vs altitud*

Nota. Fuente: Zonificación agroclimática de la quinua y kiwicha en la cuenca del río Cañete, 2013.

Temperatura. La temperatura anual en el área de estudio presenta un valor mínimo de 11.6 °C y un valor máximo de 33° C en los meses de setiembre y febrero, respectivamente. Las mayores temperaturas se presentan entre los meses de enero a abril y las temperaturas mínimas se presentan entre julio a setiembre. En la Tabla 17 se presentan las ecuaciones regionales que relacionan la temperatura y la altitud.

Tabla 17*Ecuaciones regionales de temperatura vs altitud*

Descripción	Ecuación regional
Temperatura media anual	$T = 36.3 - 0.0076 \times H$
Temperatura mínima absoluta	$T_{\min} = 16.3 - 0.00437 \times H$
Temperatura máxima absoluta	$T_{\max} = 31.23 - 0.00417 \times H$

Nota. T: Temperatura (°C) y H: Altitud (msnm). Zonificación Agroclimática de la quinua y kiwicha en la cuenca del río Cañete, 2013.

Es importante indicar, que la temperatura media anual es menor a 0°C en la línea divisoria. La temperatura mínima varía entre - 4°C en la divisoria a 12 °C al nivel del mar.

Humedad relativa. En el área de estudio, los valores más altos se registran los meses de diciembre a marzo con promedio de 91%, coincidente con el período anual lluvioso y los valores más bajos se registran los meses de julio a setiembre con valores de 82% (MINAM, 2009).

Velocidad y dirección del viento. Los valores mayores se presentan entre los meses de junio y julio con registros de 2.7 m/s y 4.3 m/s, respectivamente. Mientras, los valores mínimos se registran los meses de febrero y enero con 0.3 a 1.3 m/s, respectivamente. La dirección predominante del viento es de SW (MINAM, 2009).

Evaporación. A lo largo del año (para un año promedio histórico) en zonas de mayor altitud disminuye la evaporación total mensual. Las mayores evaporaciones mensuales promedio del orden de los 150 mm tienen lugar entre los meses de julio a octubre. A nivel anual, la evaporación total acumulada es de 1402.4 mm (MINAM, 2009).

Gómez et al. (2013) cita el estudio hidrológico del “El Platanal” donde la evaporación media anual es de 3.2 mm/día presentándose los mayores valores en los meses de julio a agosto y los menores de febrero a abril.

3.7.2. Geología

La información que se presenta a continuación se ha obtenido de las cartas geológicas 25l (Yauyos), 25k (Huarochirí), 24l (La Oroya) y 24k (Matucana) del INGEMMET, así como se ha complementado con lo mencionado en el Inventario y Patrimonio de la RPNYC elaborado por el MINAM.

En el área de estudio afloran diferentes unidades litológicas, cuyas edades datan desde el Jurásico hasta el Holoceno reciente. La composición de estas unidades varía desde sedimentarias a ígneas y volcánicas, cubiertas parcialmente por sedimentos clásticos no consolidados, depositados en ambientes marinos y lacustres. Las unidades geológicas tienen diferente composición y resistencia, a partir de las cuales se originan los principales eventos

geodinámicos que modelan el paisaje actual (MINAM, 2019). Las formaciones geológicas más importantes se describen a continuación y muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Columna estratigráfica – formaciones geológicas

Era	Sistema	Serie	Nombres	Símbolos	Litología			
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Fluvioglaciares	Qpl-fg	Gravas angulosas y finos inconsolidados y Grava, arena, limo, arcilla			
			Depósitos coluviales	Qh-co	Clastos angulosos. Gravas y bloques subangulosos con matriz areniscosa y limosa			
			Deslizamientos	Q-d	-			
			Depósitos Travertinos	Q-tr	-			
	Pleistoceno			Depósitos glaciares	Q-g1	Grava, arena, matriz fina: Depósitos ligados a la primera glaciación		
					Q-g2	Grava, arena, matriz fina- Glaciación Punrun		
				Formación Huarochirí	Nm-hu	Tobas, aglomerados, andesitas y tranquiandesíticos		
				Formación Tantará	P-t	Formación Sacsaquero	P-sa	Intercalación de flujos andesíticos porfiríticos grises con tobas de cristales
								Formación Atcas
	Formación Rímac	PN-r	Andesitas, dacitas, riolitas, tobas y piroclásticos.					
	Formación Millotingo	PN-m						
	Formación Castrovirreyna	PN-c	-					
	Mesozoico	Cretáceo	Superior	Formación Casapalca	KsP-ca	Lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados.		
Formación Celendín				Ks-ce	Calizas, yeso y arcillas. Calizas en capas medianas, intercaladas con calizas nodulares alternadas con margas y areniscas calcáreas.			
				Ks-ce1	Horizontes de yeso asociados con calizas, lutitas rojas.			
				Ks-ce2	Margas, calizas arcillosas en estratos delgados.			
Formación Jumasha				Ks-ju	Calizas, dolomitas y arcillas bituminosas.			
Inferior			Formación Goyllarisquiza	Ki-g	Limolitas, lutitas gris verdosas, areniscas cuarzosas blanquesinas, lentes			

Era	Sistema	Serie	Nombres	Símbolos	Litología
					de carbón, areniscas gris claras alternando con lutitas grises a limolitas rojizas.
				Ki-go	Areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas.
			Formación Chayllacatana	Ki-cha	Secuencia volcánica
			Formación Pariatambo	Ki-pt	Dolomitas claras con calizas. Secuencia marina calcárea gris blanquecina con intercalaciones de areniscas calcárea.
			Grupo Oriente	Ki-o	Areniscas masivas, cuarzosas, blancas a marrones, mal seleccionadas.
			Formación Chulec	Ki-chu	Arcillas calcáreas, lodolitas y areniscas con calizas. Calizas arenosas, areniscas calcáreas en capas medianas, coloraciones parduzcas a beige
			Formación Carhuaz	Ki-ca	Areniscas gris verdosas intercaladas con lutitas negras y limolitas marrones.
			Formación Santa	Ki-sa	Calizas gris oscuras con venillas de calcita con lenas de lutitas grises. Dolomías, lutitas y areniscas arcósicas.
Mesozoico	Jurásico	Superior	Formación Oyón, Chimú	JsKi-och	Areniscas cuarzosas gris blanquesinas de grano medio a fino. Lutitas negras carbonosas, areniscas y conglomerados.
			Formación Chunumayo	Jm-chu	Calizas grises en capas delgadas, arenisca calcárea color crema.
			Formación Cercapuquio	Jim-ce	Limolitas y lutitas grises a rojizas, alternando con areniscas feldespáticas y margas, capas delgadas a medianas.
			Formación Condorsinga	Ji - co	
Rocas ígneas					
Mesozoico	Cretáceo	Superior	Rocas subvolcánicas	N - abr	Andesitas y brechas andesíticas
			Rocas Intrusivas	N - to	Tonalita
				N - gd	Granodiorita
				N - mz	Monzonita
				N-gd/to	Granodiorita /Tonalita
				N - di	Diorita Neogena

Nota. Fuente: IEPN de la RPNYC (MINAM, 2009) y complementado con información del INGEMMET.

La siguiente descripción se ha elaborado a partir de la información del IEPN de la RPNYC, así como se ha complementado aquellas unidades con información secundaria de los estudios hidrogeológicos de las unidades mineras Yauricocha y Solitaria:

Formaciones Oyón, Chimú (Jski-och). La formación Oyón y la formación Chimú corresponden al Grupo Goyllarisquizga, esta compuesta por areniscas cuarzosas gris blanquesinas de grano medio a fino. Se presenta hacia el Suroeste del área de estudio, compuestos principalmente por areniscas y limolitas. La formación Oyón se caracteriza por su elevado contenido de lutitas negras carbonosas, en capas delgadas algo laminadas, intercaladas con cuarcitas gris blanquecinas (MINAM, 2009). La formación Chimú es de litología monótona con predominancia de areniscas, y se ubica en Tinco Alis, hacia la parte alta del río Alis. Presenta variaciones de areniscas limpias y conglomerados locales ferruginosos, por lo general de color gris a blanco, con muy delgadas intercalaciones de limolitas negras (MINAM, 2009).

Formación Santa (Ki-sa). En la formación Santa sobresalen bancos delgados de dolomías arcosas, lutitas arenosas, areniscas calcáreas, calizas gris oscuras con venillas de calcita con lentes de lutitas grises (MINAM, 2009).

Formación Carhuaz (Ki-ca). La formación Carhuaz está formada por areniscas arcósicas de color gris blanco amarillento de grano fino; dominan los colores gris y verdoso con algo de rojo. Es decir, areniscas gris verdosas intercaladas con lutitas negras y limolitas marrones (MINAM, 2009).

Formación Goyllarisquizga. Sobre el sector medio y noreste de la RPNYC sobresalen afloramientos con relativa extensión, constituidos por limolitas, areniscas de grano fino a medio conglomerádicas o limo carbonosas, y presenta una discontinuidad basal extensa, por lo general, en discordancia paralela y erosiva. La formación Goyllarisquizga se depósito mayormente en planicies de inundación, su máximo grosor es de 500 m, y se le considera Cretáceo Inferior (MINAM, 2009).

Unidad Ki-g. Está constituida por limolitas, lutitas gris verdosas, areniscas cuarzosas blanquesinas, lentes de carbón, areniscas gris claras alternando con lutitas grises a limolitas rojas.

Unidad Ki-o. Corresponde a areniscas cuarzosas intercaladas con limoarcillitas.

Formación Chulec (Ki-chu). Aflora en forma regional de sureste a noroeste, conformadas principalmente por rocas calcáreas. La formación Chulec está constituida por grosores de 30 m y está conformada por arcillas calcáreas, lodolitas calcáreas arcillosas grises y limolitas calcáreas (MINAM, 2009). También por calizas arenosas, areniscas calcáreas en capas medianas, con coloraciones parduzcas a beige.

Formación Chayllacatana (Ki-cha). Corresponde a una secuencia volcánica (INGEMMET, 1996).

Formación Pariatambo (Ki-pt). Esta formación tiene extensión regional de SE a NW en el ámbito de la RPNYC; con distribución similar a la formación Chulec, es mucho más delgada (100 m a 120 m) y se compone principalmente de dolomitas claras con alternancias de calizas; pertenece al Cretáceo Inferior (MINAM, 2009). Corresponde a una secuencia marina calcárea gris blanquecina con intercalaciones de arenisca calcárea (INGEMMET, 1996).

Formación Celendín (Ks-ce). Esta formación está ampliamente expuesta de SE a NW de la Reserva. Es una formación yesífera, contiene rocas carbonatadas en estratos delgados que son margas, calizas arcillosas, calizas y dolomitas; del Cretáceo Superior (MINAM, 2009). Así como también calizas en capas medianas, intercaladas con calizas nodulares alteradas con margas y areniscas calcáreas (INGEMMET, 1996).

- **Unidad Ks-ce1.** Constituida por horizontes de yeso asociados con calizas y lutitas rojas.
- **Unidad Ks-ce2.** Está constituida por margas, calizas arcillosas en estratos delgados.

Formación Jumasha (Ks-ju). Está constituida de un paquete calcáreo con 400 m de espesor; en la base se encuentran dolomitas y arcillas bituminosas, y calizas que alternan con margas; son del Cretáceo Superior (MINAM, 2009).

Formación Casapalca (KsP-ca). Son molasas rojas continentales que ocupan grandes sectores hacia el Norte del área de la Reserva, describiendo la mayor parte de los sinclinales formados por lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, con coloraciones rojas verdes azuladas y morados rosados; en la parte superior son frecuentes los horizontes tobáceos. Corresponden al Cretáceo Superior-Paleógeno (MINAM, 2009).

Formación Millotingo (PN-m). La formación Millotingo es de una mayor extensión regional, constituye una cobertura de rocas volcánica post-mesozoicas y cubren extensas superficies de erosión. Se compone de andesitas, dacitas y volcánico sedimentarios (MINAM, 2009).

Formación Rímac (PN-r). Está es una unidad litológica incluye lavas andesíticas y tobas ácidas en la parte superior.

Formación Castrovirreyna (PN-c). Se presenta en el sector SE del cuadrángulo de Yauyos formando la prolongación de la parte central de los sinclinales cartografiados en la mitad oriental del cuadrángulo de Tupe. Se trata de una unidad esencialmente volcano-sedimentaria con intercalaciones de tobas.

Formación Atcas (Pe-at). Tobas riolíticas Atcas y unidades similares. Se trata mayormente de tobas soldadas riolíticas de color claro que resultan del apilamiento de varias unidades de enfriamiento; de extensión moderada en el área y ocupa varios Km², una muestra tomada en la quebrada Huarucuyoc de color rojizo con fenocristales blanquecinos, de granularidad parcialmente fanerítica textura porfirítica con fenocristales de cuarzo y feldespatos en una matriz micro a criptocrystalina contiene minerales esenciales de feldespato potásico 45%, cuarzo 25%, y minerales accesorios de pómez 10%, arcillas 8%, limonitas 5%,

sericita 4%, plagioclasa 3%, opacos, biotita también tiene minerales secundarios de sericita, arcillas. La roca presenta una sericitización y agilización débiles (INGEMMET, 1996).

Formación Tantara (P-t). Está constituida por una cobertura de rocas volcánicas post-mesozoicas que cubre extensas superficies de erosión. Se componen de derrames andesíticos a riódacíticos de color gris pardo y violáceo, piroclásticos y areniscas volcanodetríticas y unidades lávicas sedimentarias (MINAM, 2009).

Formación Huarochari (Nm-hu). Esta formación se ubica en la parte media y hacia el Oeste del área de la RPNYC. Es una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas consistentes en tobas, aglomerados, andesitas y bancos traquiandesíticos; su espesor se estima en 600 m, con coloraciones gris verdoso a rojizo (MINAM, 2009).

Formación Cercapuquio (Jim-ce). Al SW de la falla frontal del sistema fallado Cochabamba-Gran Bretaña. Se trata de una serie de areniscas cuarzosas y limolitas depositadas en un ambiente continental a litoral. Su grosor es comúnmente cercano a 200 m, descansa en concordancia sobre de las calizas Condorsinga. La litología de esta formación está constituida predominantemente por areniscas de grano muy fino a grueso, microconglomeráticas que se observan en la base de algunos rellenos de canales. Su color es generalmente blanco a gris con manchas de óxido, pero puede variar de herrumbroso a rojizo. Constituida por limolitas y lutitas grises a rojizas, alterando con areniscas feldespáticas y margas, capas delgadas a medianas (INGEMMET, 1996).

Formación Condorsinga (Ji-co). De muy poca relevancia en el área de estudio. Pertenece al Grupo Pucará, predominantemente carbonatada del Triásico-Jurásico. Su base se inicia con una sucesión de bancos de biomicrocristalina gris oscura, haciéndose hacia arriba gris a gris clara, rematando en el tope con un horizonte de brechas con elementos angulosos de calizas en matriz clara, totalizando un grosor de 650 m. Los bancos de calizas biomicrocristalinas

presentan laminaciones sub-paralelas, venillas de calcita, alternándose con lechos de lutitas grises.

Formación Chunumayo (Jm-chu). Constituida por calizas grises en capas delgadas, arenisca calcárea color crema.

Depósitos glaciares (Q-g). Son depósitos de morrenas que corresponden a glaciaciones del Pleistoceno, entre 24 000 y 12 000 años; estas pueden alcanzar alturas de 150 m y están confinadas a las zonas con altitudes superiores a los 3500 m, principalmente en los valles glaciares. Se han identificado como morrenas laterales, frontales y de fondo, conformadas principalmente de grava brechosa, arena brechosa y matriz fina (MINAM, 2009). Los depósitos glaciares (Q-g1) y depósito glaciares 2 (Q-g2), son depósitos ligados a la primera glaciación y a la glaciación Punrun, respectivamente (INGEMMET, 1996).

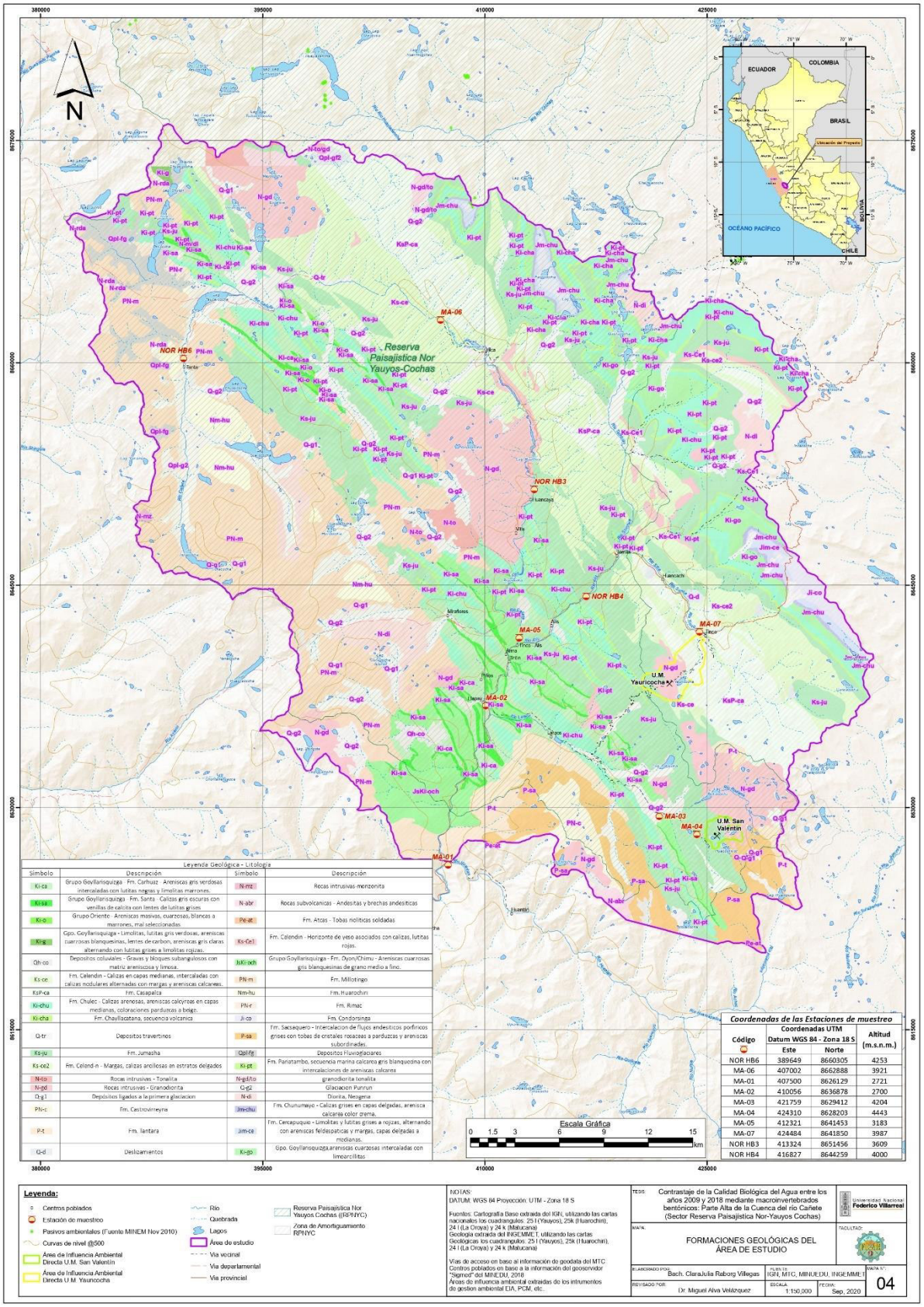
Depósitos coluviales (Qh-co). Estos materiales se ubican hacia el pie del talud y especialmente caracterizan a las zonas encañonadas del río Cañete y sus afluentes, en donde las paredes de los valles son empinadas y tendiendo a la verticalidad; no así a la cuenca del río Cochabambas, en donde sus cauces tienen flancos de taludes suaves, menores de 45°. Se trata de sedimentos clásticos angulosos localizados generalmente al pie de los taludes empinados a subverticales, con afloramiento de rocas masivas. Los componentes clásticos consisten de fragmentos inconsolidados provenientes de bloques angulosos, heterométricos, rellenos parcialmente por matriz arenosa (MINAM, 2009). Es decir, gravas y bloques subangulosos con matriz arenosa y limosa (INGEMMET, 1996).

Depósitos fluvio-glaciares (Qpl-fg). Son unidades muy pequeñas distribuidas en las quebradas del río Cañete sobre superficies onduladas de poca altura. Están constituidos por sedimentos finos con gravas y/o arenas; son de espesor delgado, pudiendo llegar de 3 a más de 5 m de espesor. También se pueden encontrar fragmentos subredondeados, limos y arcillas en las zonas bajas. Entre otras formas de depósitos cuaternarios son los depósitos travertinos

(Q-tr) que se forman por deposición de carbonato y bicarbonato de calcio y, por último, los depósitos provenientes de deslizamientos (Q-d).

Rocas intrusivas. En la zona de estudio se han reconocido intrusiones en diferentes sectores, correspondientes a cuerpos variados que se han emplazado en diferentes épocas; básicamente entre el Cretáceo y el Terciario. En el ámbito de la RPNYC se han reconocido intrusivos sobre la margen derecha del río Cañete, entre los distritos de Vitis y Huancaya (Caja Real). Corresponden a unidades compuestas por granitos, granodioritas y dioritas, principalmente (MINAM, 2009). Se presenta distribuída en el área de estudio donde se encuentra los tipos de roca conocidas como: Tonalita (N-to), Monzonita (N-mz), Granodiorita (N-gd), Tonalita (N-to), Granodiorita - Tonalita (N-gd/to), Diorita, Neogena (N-di) (INGEMMET, 1996).

Figura 10
Mapa de geología



Están representadas por rocas volcánicas cenozoicas, stock del batolito costero y formaciones sedimentarias del Cretácico.

3.7.3. Geomorfología

En el área de estudio podemos identificar ocho unidades geomorfológicas que corresponden con la zona mesoandina y altoandina:

Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina empinada a escarpada (Vs1-e).

Se distribuye con mayor amplitud cubriendo los flancos en forma longitudinal al eje de la cuenca alta del río Cañete, con superficies coluvio aluviales que alternan con formaciones rocosas con fuerte intemperismo. Presenta un relieve más accidentado y presencia de procesos erosivos de mayor intensidad. Las elevaciones alcanzan de 300 a 500 m sobre la base local, con pendientes elevadas por encima del 50%. Presentan escurrimiento difuso en surcos y cárcavas frecuentes, derrumbes y deslizamientos que pueden ser de gran magnitud.

Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada (Vs2-e). Es la segunda geoforma con mayor distribución en el área de estudio, se encuentra cubriendo la parte alta y media, describiendo unidades fuertemente accidentadas. Estas geoformas tienen origen tectónico y han sido labradas sobre rocas volcánicas e intrusivas con elevado nivel de resistencia a la erosión. Las características del relieve indican baja a moderada estabilidad física, debido a la ocurrencia de procesos erosivos de origen fluvio-glaciar e hídrico gravitacional. Se caracterizan por presentar formas prominentes con pendientes que van de 50 a > de 75%, con numerosos escarpes verticales. Con frecuencia la magnitud del relieve sobrepasa los 1 000 m entre la cima y base de las elevaciones, donde se aprecian superficies rocosas desprovistas de suelos, con elevado grado de disección. Por lo general, en las partes altas o cabeceras de las vertientes el drenaje es denso y ocurren con frecuencia movimientos en masa, derrumbes y erosión hídrica superficial, notándose que las principales quebradas son paralelas unas a otras.

Colina y Montaña -Vertiente Montañosa y Colina moderadamente empinada

(Vs1-d). Forma parte de los frentes glaciares en proceso de retroceso, se han identificado laderas montañosas con cimas inclinadas y alturas que sobrepasan los 300 m con relación a la base local. Se distribuyen con cierta amplitud en los flancos de la cuenca y se caracterizan por tener un relieve poco accidentado, con pendientes de 25% a 50%, labrados sobre litología variada, con moderada resistencia a la erosión. Los niveles de erosión diferencial han dado lugar a la formación de quebradas de diferente longitud, formando valles poco profundos y laderas cubiertas con depósitos coluvio aluviales.

Planicie Ondulada a Disectada - Altiplanicie disectada (Ad-c). Se encuentra principalmente en las partes altas de la cuenca del río Cañete, así como, sobre las laderas de antiguos frentes morrénicos; sobresalen superficies planas inclinadas que corresponden principalmente al allanamiento de la perillanura andina y a depósitos morrénicos y periglaciares parcialmente disectados. Se caracterizan por sus fuertes pendientes, que van de 8 a > 25%, y actualmente constituyen superficies de erosión fluvio-glaciar con gran aporte de sedimentos hacia las partes bajas. Estas geoformas limitan con laderas y vertientes montañosas desde donde provienen sedimentos de origen fluvio-glaciar; son alargadas en el sentido de la pendiente general del terreno y presentan moderada estabilidad física.

Nival -Nevados (Nv). En el área de estudio, los picos montañosos cubiertos permanentemente por masas de hielo se encuentran por encima de los 5000 msnm conformando glaciares tropicales de configuración montañosa. Actualmente, están afectados por efectos de variación de temperatura que viene originando un acelerado retroceso del nivel de la masa de hielo.

Planicie - Fondo de valle glaciar (Vg-a). Tienen formas alargadas que atraviesan los frentes intermontañosos, marcando los principales niveles de erosión y acumulación glaciar. En el fondo se han acumulado depósitos inconsolidados formados por erosión fluvio-glaciar

(sedimentos gruesos) sobre los cauces torrenciales, también podemos encontrar pequeñas terrazas de material cuaternario. En el área de estudio, los fondos de valle son más abiertos, tienen sección transversal en “U”, con topografía aplanada y pendientes que van de 2 a <8%, determinando una mayor estabilidad en estas formas.

Montaña - Vertiente montañosa moderadamente empinada (Vs2-d). Esta unidad se ha originado por el rápido levantamiento orogénico de la Cordillera de los Andes sobre rocas volcánicas e intrusivas sometidas a intensos procesos de erosión fluvio-glaciár. Se caracterizan por sus formas alargadas con relieves medianamente accidentados y pendientes comprendidas entre 50% y 75%, que describen grandes ambientes montañosos con suelos superficiales donde se observa frecuente exposición del substrato rocoso.

Planicie Ondulada a Disectada - Altiplanicie ondulada (Ao-b). Se presenta al lado oriental del área de estudio circundando cuerpos de agua en ambientes de tipo lacustre y corresponde a geformas plano onduladas con pendientes bajas discontinuas (2% a 8%). Están constituidas por sedimentos finos compuestos por arcillas y lodos de origen glaciár, determinando condiciones locales de mal drenaje. Las condiciones físicas locales y la presencia de cuerpos de agua saturando suelos superficiales y formando zonas hidromórficas, eleva el nivel de sensibilidad frente a las acciones de cualquier actividad de origen humano.

3.7.4. Suelos

Las características de los suelos dentro de área de estudio dependen de la composición de la roca madre, clima (temperatura, radiación solar, precipitación, humedad y viento), seres vivos y topografía; una ecorregión es un área biogeográfica relativamente grande producto de la interrelación de la ecología, clima, geomorfología, suelos, hidrología, fauna y flora del lugar. En la parte alta de la cuenca del río Cañete en la RPNYC se han desarrollado dos ecorregiones: una de mayor proporción que se ubica sobre la Puna y la otra porción, sobre la Serranía Esteparia.

El suelo de puna presenta generalmente vegetación de especies vegetales herbáceas (gramíneas), un clima más seco, con una estación seca de mayo a noviembre y una corta de lluvias diciembre a abril. Esta se caracteriza por estar constituida en su mayor parte, por grandes superficies puramente rocosas desprovistas de suelos. Las superficies con cobertura de suelos de puna tienen textura franco o franco arenosa, con pH generalmente alcalino debido a la naturaleza granítica de la roca madre y bajo contenido de materia orgánica (Salm, 1983 citado por Acosta, 2009).

Por el contrario, en la zona de la Serranía Esteparia existen bofedales, el sustrato corresponde a suelos ácidos, con una alta proporción de materia orgánica en descomposición (García & Beck, 2006 citado por Acosta, 2009). Además, existen suelos fértiles de naturaleza limo-arcillosa formados por depósitos aluviales en los bordes de ríos y lagos.

Por otro lado, entre los 1000 y los 3500 m.s.n.m, las tierras son aptas para el cultivo agrícola, por lo que han sido intervenidas y sustentan a las poblaciones dispersas; el clima es templado-cálido en las partes bajas y templado frío en las partes más altas.

3.7.5. Recursos hídricos superficiales

El área de estudio abarca una parte importante de la red hídrica de la cuenca del río Cañete y comprende los ríos Tanta, Alis y Laraos hasta antes del río Huantán. La cuenca del

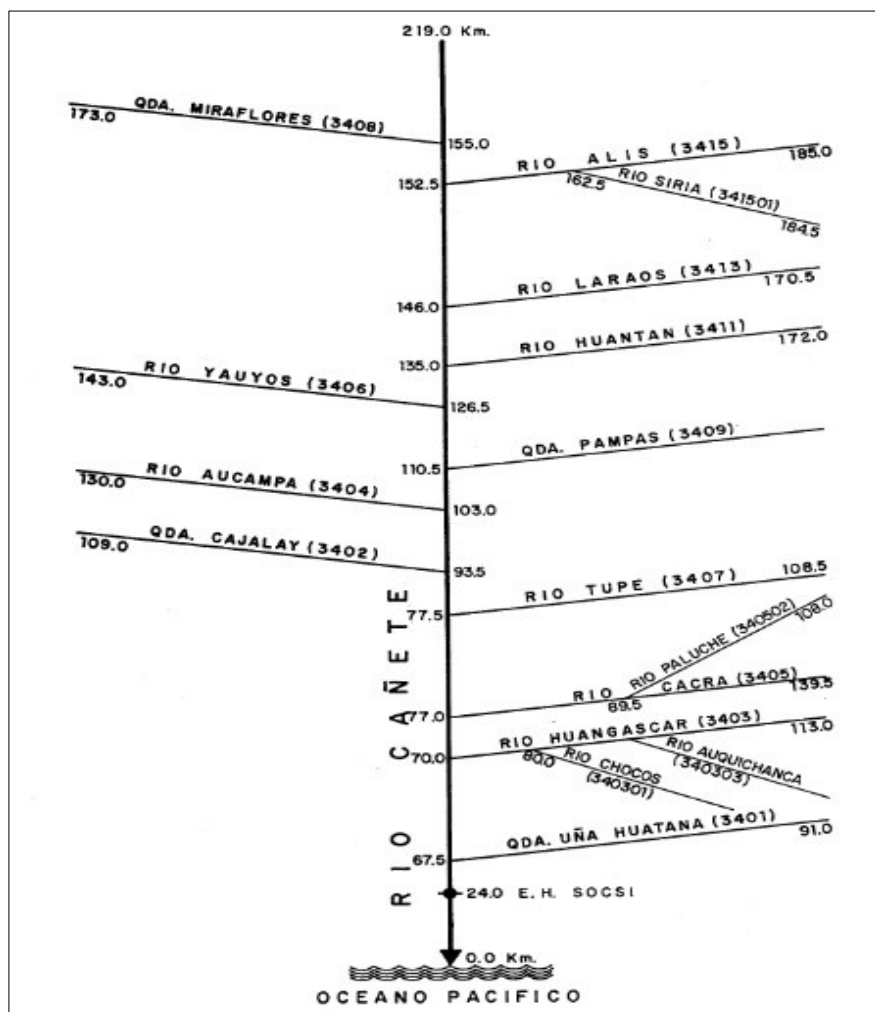
río Cañete pertenece a la vertiente del Pacífico. El rango altitudinal del área de estudio varía entre los 2000 a los 5850 m.

Hidrografía. El río Cañete tiene en general la forma de una “L”, nace en la laguna Ticllacocha, aproximadamente a 4,600 msnm Inicialmente discurre en dirección Sur-Norte hasta la laguna de Paucarcocha recibiendo en este tramo el aporte de las lagunas de Unca, Pomacocha, Llica, Piscacocha y Chuspicocha, principalmente. A continuación, el río cambia de dirección discuriendo de Oeste a Este hasta llegar a la localidad de Vila, incrementando su caudal con los desagües de las lagunas Pariachara, Pilicocha, Suerococha y Mollacocha, alimentados por los deshielos de los nevados Azulcocha y Escalera. Nuevamente, cambia de dirección siguiendo el rumbo NNE-SSW hasta su intersección con la quebrada Aucampi, a partir del cual discurre siguiendo un alineamiento NNW-SSE, hasta su confluencia con el río Caca, afluente de su margen izquierda. Aguas debajo de este punto, el río Cañete discurre con un rumbo sensiblemente NE-SW hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. (INRENA, 1994).

Los principales tributarios de la cuenca son en la margen derecha, los ríos Miraflores, Aucampi y Yauyos; mientras en la margen izquierda son los ríos Alis, Laraos, Huantán, Tupe, Caca (Lincha) y Huangascar (Acosta, 2009). Figura 12.

Figura 12

Diagrama fluvial de la cuenca del río Cañete



Nota. Diagnóstico de la calidad del agua de la vertiente del Pacífico-INRENA (1994).

La cuenca del río Cañete presenta un fuerte gradiente altitudinal que se origina del deshielo de los glaciares del nevado Ticlla, en la vertiente occidental de los Andes Centrales del Perú a 4830 msnm, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico (Acosta, 2009).

La longitud del río Cañete entre su nacimiento y su desembocadura es de 219 Km, presentando una pendiente promedio de 2%; sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada, especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancayo y la desembocadura del río Alis (INRENA, 1994).

La cuenca del río Cañete está conformada hidrográficamente por ocho (08) subcuencas: Tanta (cuenca alta), Alis, Laraos, Huantán, Aucampi, Cacreá, Tupe, Huangascar y la cuenca misma del río Cañete (parte media; sectores de Carania, Yauyos, Colonia, Zuñiga, Pacarán y Lunahuaná; y parte baja; sector del Valle Cañete) (INRENA, 2000).

Hidrología. El comportamiento hidrológico de la cuenca y subcuencas está influenciado por sus características geomorfológicas.

Coefficiente de Compacidad (Kc). El valor obtenido para la cuenca (1.86) es superior a los de sus sub-cuencas integrantes (que promedian el valor de 1.46). Estos coeficientes de regularidad indican, para toda la cuenca, menor tendencia a crecientes, mientras que sus subunidades la tendencia a crecientes es ligeramente mayor. Las subcuencas del área de estudio presentan valores Kc que están entre 1.315 y 1.548 unidades, en las subcuencas Laraos y Alis, respectivamente (INRENA, 2000).

La cuenca Cañete es alargada de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes, sus subcuencas poseen factores de forma mayores, es decir, tienen mayor capacidad receptora de precipitaciones pluviales, sean de forma oblonda a natural oblonda reduciendo de esta manera la probabilidad que sea cubierta es su totalidad por una tormenta y el tiempo de concentración sea mayor, disminuyendo de esta manera la torrencialidad de la cuenca.

Factor de Forma (Ff). El factor de forma hallado para la cuenca del río Cañete, de 0.21, lo cual explica o describe su forma alargada. Sin embargo, sus subcuencas integrantes poseen factores de forma mayores, del orden de 0.45, evidenciando superficies con un mayor ancho medio, respecto a su mayor longitud, es decir mayor capacidad receptores de precipitaciones pluviales (INRENA, 2000).

Régimen. El río Cañete presenta un régimen irregular y de carácter torrencioso, con marcadas diferencias entre sus parámetros extremos.

Caudales. Se denomina caudal de un río al volumen de agua que fluye por unidad de tiempo en un tramo determinado del cauce. Las variaciones del caudal tienen una importancia trascendental en la composición de la biodiversidad, porque el volumen y velocidad del agua definen la presencia de hábitats. La velocidad está ligada a la pendiente del cauce; la curva hipsométrica representa la distribución en porcentaje acumulado por debajo y por encima de las cotas correspondientes y relaciona las áreas parciales de la cuenca y las altitudes en que se encuentran ésta. Se puede considerar esta curva como una especie de perfil de la cuenca, mostrando su pendiente promedio. La forma de la curva nos indica el grado de madurez de la cuenca.

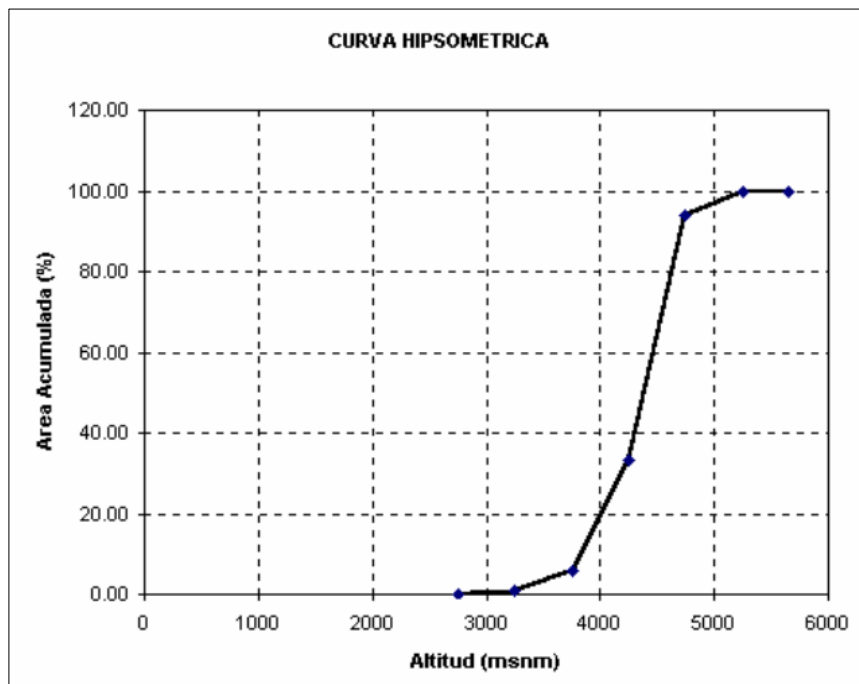
Las curvas hipsométricas de las subcuencas Tanta, Alis y Laraos que corresponden al área de estudio son bastante similares entre sí lo que muestra características de la evolución compartidas y una mayor frecuencia de superficie entre los 4500 y 5000 m de altitud, equivalente al 33% del total, entre los 4000 y 4500 m de altitud, la frecuencia del área es de 23%. En general, la distribución de la superficie de la cuenca del río Cañete con respecto a su altitud es regularmente uniforme entre los primeros 4000 msnm. La alta frecuencia de áreas por encima de los 2700 msnm (79,5%) es un indicador de la alta capacidad de recepción de precipitaciones pluviales en la cuenca del río Cañete.

Estos valores están relacionados con los altos volúmenes de precipitación sobre la cuenca, dada la comprobada relación precipitación – altitud, es decir, que existe una eficaz contribución de lluvia sobre la cuenca del río Cañete.

Las Figuras 13, 14 y 15 representan las curvas de las subcuencas Tanta, Alis y Laraos que corresponden al área de estudio.

Figura 13

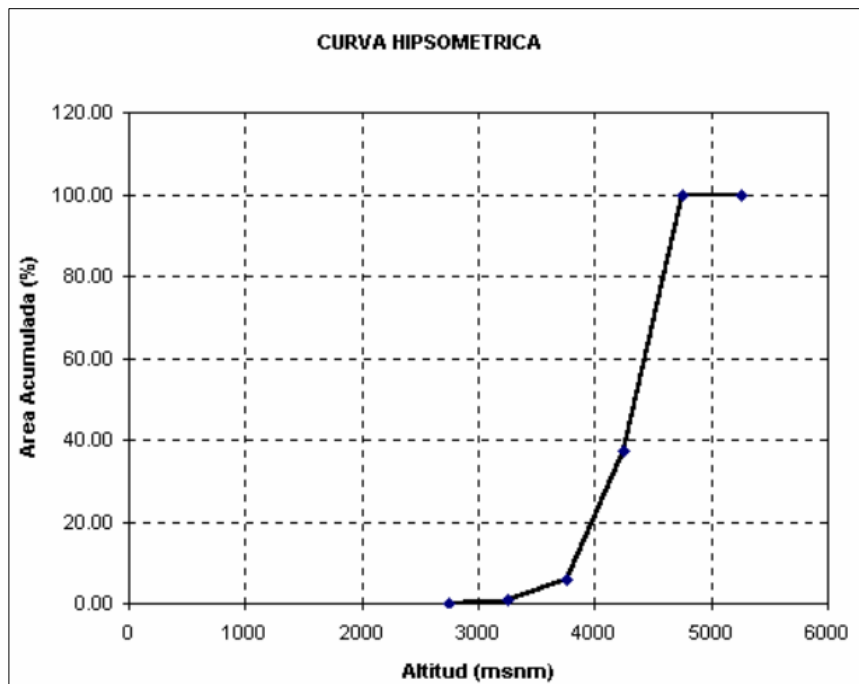
Curva hipsométrica e histograma de frecuencia – subcuenca Tanta



Fuente: Dirección General de Aguas y Suelos – INRENA.

Figura 14

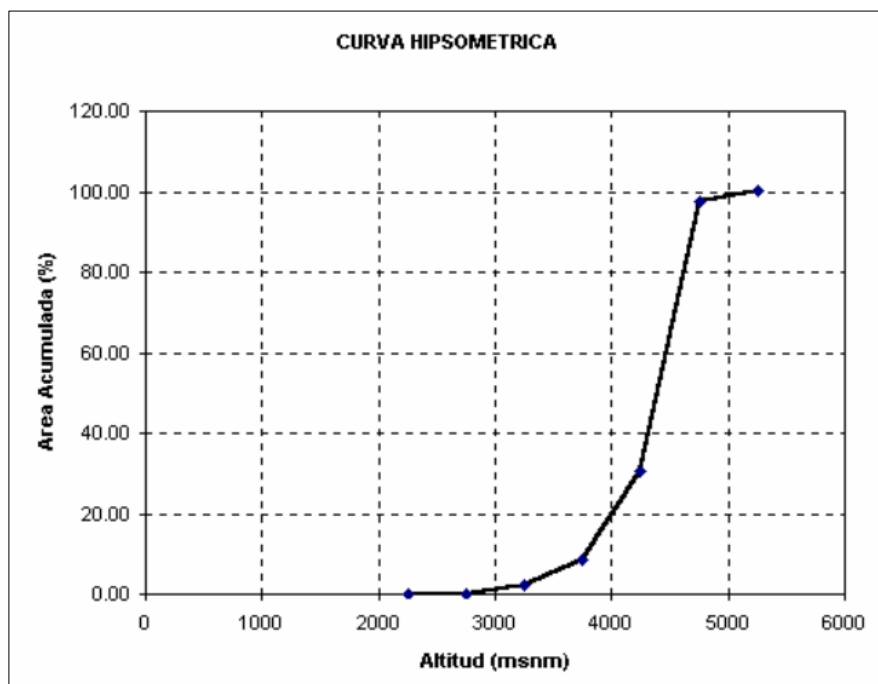
Curva hipsométrica e histograma de frecuencia – subcuenca Alis



Fuente: Dirección General de Aguas y Suelos – INRENA.

Figura 15

Curva hipsométrica e histograma de frecuencia – subcuenca Laraos



Fuente: Dirección General de Aguas y Suelos – INRENA.

Pendiente del terreno. Este parámetro de relieve es importante debido a su relación con el comportamiento hidráulico de drenaje de la cuenca. Presenta una relación directa con la velocidad de la escorrentía superficial, afectando el tiempo que requiere el agua precipitada para concentrarse en los cauces; cuanto mayor sea la velocidad media de la escorrentía superficial menor será la infiltración, aumentando de esta manera la erosión de los lechos fluviales. La cuenca del río Cañete tiene pendiente promedio de 22.2% (12.5° de inclinación promedio del terreno), la subcuenca con menor pendiente es la de Tanta, con 15.8% bajo el sistema de rectángulo equivalente (INRENA, 2000).

Orden de ríos. Es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. El análisis cuantitativo de redes hidrográficas se basa en el método de Horton (1945) de clasificación de la red de canales, basado en el sistema de Gravelius. Strahler (1952, 1957), revisó y perfeccionó el esquema de Horton dando lugar al esquema de

ordenación o de clasificación de Horton-Strahler, hoy en día el más utilizado en hidrología (hay otros modelos, como el de Shreve (1966), Mock (1971), etc.

La cuenca del río Cañete es de sexto orden y predominan los cauces de 1° orden que representan en número el 77.1% del total y en longitud el 57.2% de total. La distribución de los cauces, función de su longitud, es mucho más homogénea que lo referente a su número. Las subcuencas Tanta, Alis y Laraos poseen orden de río de 5, 5 y 4, respectivamente (INRENA, 2000).

Este parámetro refleja la densidad del drenaje y está en función de la ramificación del cauce principal

Densidad de Drenaje. Los parámetros encontrados que relacionan la longitud total de ríos y el área de la cuenca y que promedian el valor de 0,65 Km/Km², indican que la cuenca del río Cañete está bien drenada y por consiguiente tiene una respuesta hidrológica satisfactoria frente a las precipitaciones pluviales (INRENA, 2000).

3.7.6. Zonas de vida

El área de estudio se puede identificar siete (07) tipos de zonas de vida cuya descripción se ha tomado del Mapa Ecológico elaborado por la ONERN en 1970.

3.7.6.1. Nevados. Se extiende en las cumbres de la parte alta de la cuenca del río Cañete. Presenta un clima dominante de tipo gélido (Adaptado, ONERN 1970).

3.7.6.2. Nival Tropical (NT). Están representados por las laderas de los nevados en donde se depositan las masas de nieve y hielo (Adaptado, ONERN 1970).

3.7.6.3. tundra pluvial – Alpino Subtropical (tp-AS). Se extiende desde las laderas de las elevaciones montañosas hasta los valles de los cuerpos de agua (Adaptado, ONERN 1970).

3.7.6.4. páramo muy húmedo Sub Alpino - Tropical (pmh – SaT). Está ubicado entre los 4000 y 4800 msnm. Su clima corresponde al pluvial y frígido, con 1000 mm de

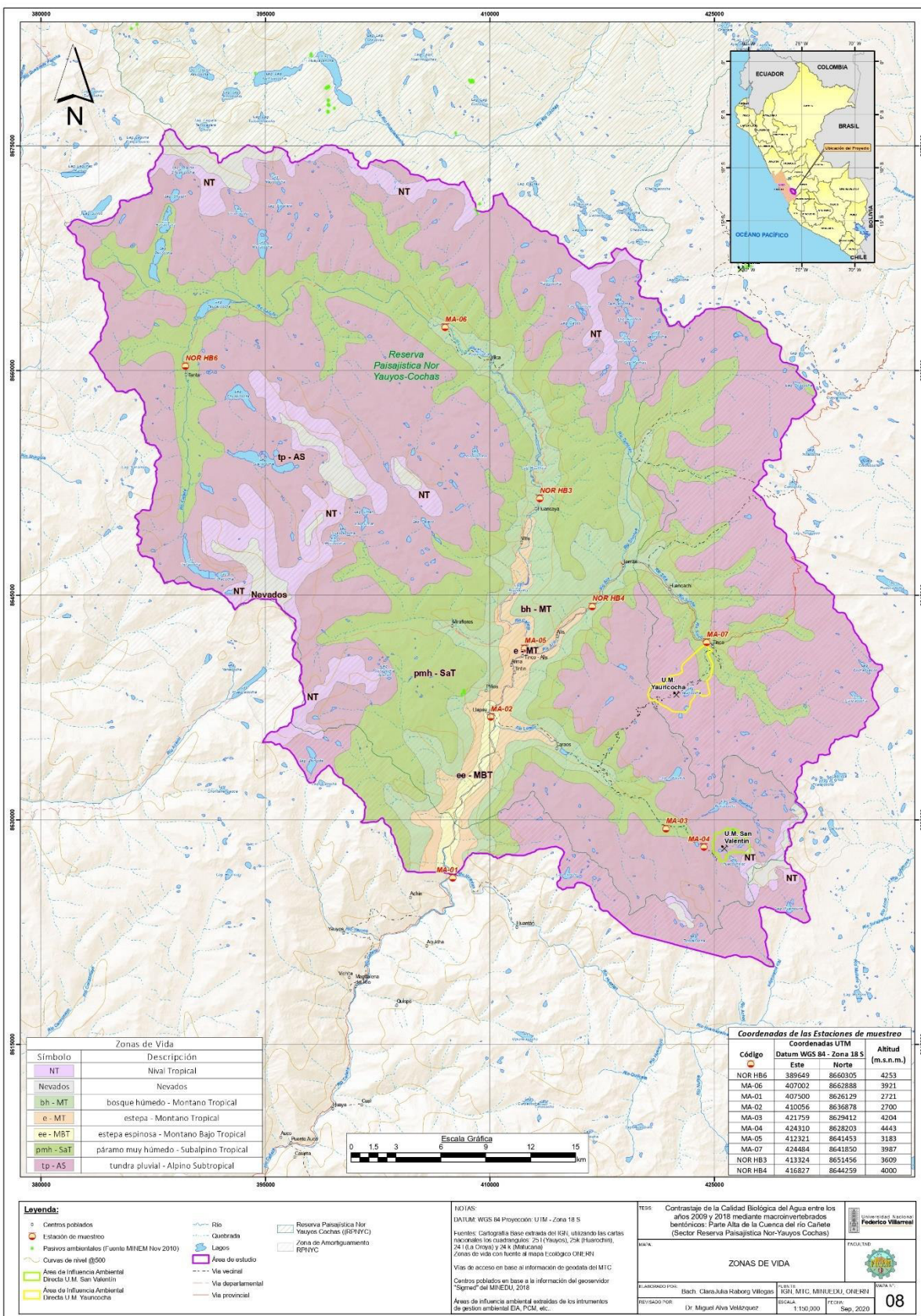
precipitación promedio anual y temperatura frecuentemente bajo 0°C. En esta zona la agricultura no puede llevarse a cabo debido a las frecuentes temperaturas de congelación, sin embargo, existen condiciones muy propicias para el desarrollo de la ganadería debido al potencial forrajero de la cuenca. Las zonas de Tanta, Paucarcocha y Yauricocha presentan estas características ecológicas (INRENA, 1994).

3.7.6.5. bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT). Está comprendida entre los 2000 y 3000 msnm. El clima dominante es seco y templado, con temperatura promedio de 16,0 °C. La precipitación oscila entre los 200 y 450 mm por año, siendo posible desarrollar agricultura al secano (Adaptado, ONERN 1970).

3.7.6.6. estepa – Montano Tropical (e – MT). Está ubicada entre los 3000 y 4000 msnm. Presenta un clima sub-húmedo y frío, con temperatura promedio de 10°C y precipitaciones promedio que oscilan entre los 50 y 1000 mm. Estas características, unidas a otros factores ecológicos, favorecen el desarrollo de la agricultura andina (INRENA, 1994).

3.7.6.7. estepa espinosa – Montano bajo tropical (ee-MBT). Se puede identificar esta zona de vida desde el anexo de Yapay hacia la salida del área de estudio (Adaptado, ONERN 1970).

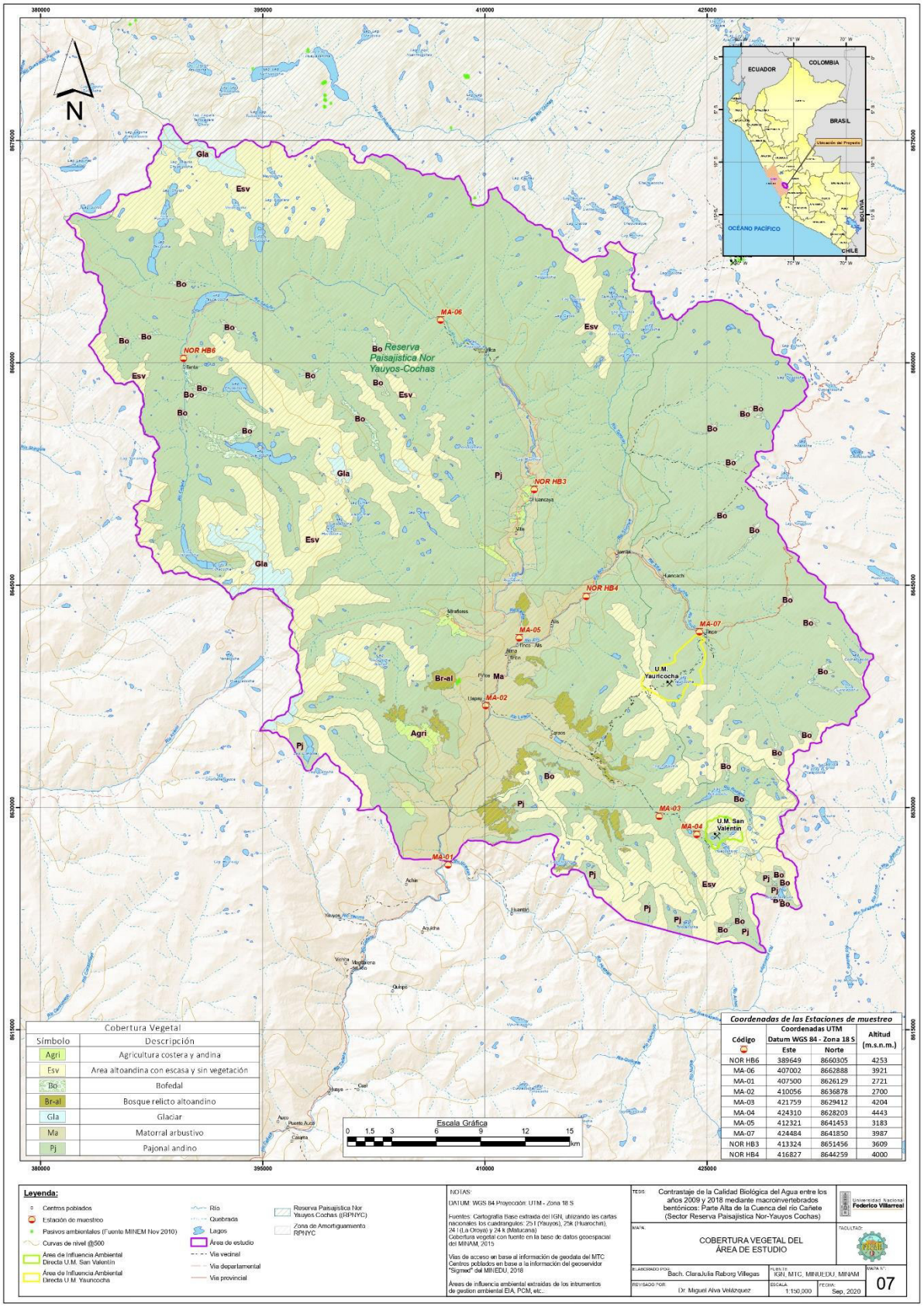
Figura 16
Mapa de zonas de vida



3.7.7. Cobertura vegetal

El Mapa Nacional de Cobertura Vegetal está conformado por unidades espaciales definidas y clasificadas en base a criterios geográficos, fisonómicos, condición de humedad y excepcionalmente florístico elaborado a escala nacional por el MINAM publicado en el 2015, el área de estudio se puede encontrar siete (07) tipos de cobertura vegetal: (1) Pajonal andino (*Pj*), más predominante, (2) Matorral arbustivo (*Ma*), Área altoandina con escasa y sin vegetación (*Esv*), Agricultura Costera y Andina (*Agri*), Bosque relictos altoandinos (*Br-al*), Glaciar (*Gla*) y Bofedal (*Bo*). El bosque relictos altoandinos (*Br-al*) está constituido por las unidades específicas: Bosque de queñoa, Puyal, Bosque de Karkac y Lloquedal.

Figura 17
Mapa de cobertura vegetal



3.7.8. Formaciones vegetales

Según datos del Inventario de Patrimonio Natural de la RPNYC, en el área de estudio existen 507 especies de plantas con diferentes formas de vida vegetal, tales como: arbóreas, arbustivas, herbáceas, suculentas y epífitas. El área de estudio posee una diversidad florística alta y la vegetación silvestre se caracteriza en su mayor extensión por la presencia de comunidades de gramíneas que conforman la puna y en menor proporción bosques relictos de *Polylepis spp.* y *Escallonia resinosa*. En el área de estudio se pueden identificar hasta diez tipos de vegetación.

3.7.8.1. Bosques de Queñoa (Bq). Los bosques relictos de queñoa representados por el género *Polylepis* se pueden ubicar por encima de los 4000 msnm sobre las laderas montañosas con fuertes pendientes de difícil acceso, en el área de estudio se identifica en las quebradas Chulco y Pamparmarca en Laraos.

3.7.8.2. Lloquedal (Llo). Esta unidad de vegetación está dominada por comunidades arbóreas de *Kageneckia lanceolata*, “lloque”, de la familia Rosaceae. En menor proporción y en sitios específicos se encuentran comunidades arbóreas dispersas de *Escallonia resinosa*, “chachacoma”. El lloquedal se encuentra localizado en la zona de vida estepa - Montano tropical, entre 3150 y 3600 msnm, en las laderas montañosas con fuertes pendientes de la margen izquierda del río Cañete. Las comunidades de *Kageneckia lanceolata*, “lloque” y *Escallonia resinosa*, “chachas” y plantas epífitas, como *Tillandsia usneoides*, “salvajina” (*Bromeliaceae*) se encuentran asociadas en bosques mixtos.

3.7.8.3. Bosque de Karkac. Es una formación boscosa relictiva caracterizada por tener una distribución muy densa en el mismo cauce y las riberas del río Cañete; también están presentes el bosque de lloquedales y los rodales de puyas, éstos últimos ubicados en las laderas montañosas poco accesibles.

3.7.8.4. Matorrales. En el área de estudio podemos encontrar matorral semiárido con 23 especies arbustivas, el matorral subhúmedo con 35 especies y el matorral húmedo con 29 especies; destacando de manera general en los tres tipos de matorrales las familias *Asteraceae*, *Cactaceae*, *Sapindaceae*, entre otras.

3.7.8.5. Herbazales altoandinos. Esta formación vegetal se encuentra distribuida por encima de los 3 800 msnm, es aprovechada como pastura natural y está representada por unas 20 especies forrajeras. Estos herbazales están conformados por: pajonal de puna, césped de puna y bofedal. La diversidad florística de estas unidades se agrupa en 8 tipos de asociaciones agrostológicas: *Calamagrostietum I*, *Festucetum*, *Festucetum-Calamagrostietum*, *Festucetum-Muhlenbergetum*, *Stipetum*, *Calamagrostietum*, *Calamagrostietum-Festucetum* y *Distictetum*.

3.7.9. Actividades humanas

En el área de estudio se pueden identificar diferentes tipos de fuentes de alteración puntual y difusas, entre ellas, las actividades domésticas provenientes de los centros poblados y de población dispersa principalmente en los valles interandinos que alberga una densidad poblacional elevada así como actividades mineras. Los tres principales tipos de perturbación: (1) Perturbación por actividades domésticas o urbanas, modificaciones del cauce y presencia de desechos domésticos, (2) Perturbación agrícola, uso del suelo y degradación de la cobertura vegetal y edáfica y (3) Perturbación minera, presencia de efluentes provenientes.

3.7.9.1. Uso doméstico Dentro del área de estudio se puede identificar a los poblados de Tanta, Vilca, Huancaya, Vitis, Tinco, Huancachi, Tomas, Tinco-Alis, Miraflores, Arma, Tintin, Piños, Llapay y Laraos. Las aguas servidas, sobre todo del sector rural, en la generalidad de los casos vuelven a utilizarse con fines de riego, ya sea en la misma propiedad o en propiedades vecinas, sin ningún tipo de tratamiento. Esta eliminación de las aguas negras a través de las acequias se debe a que es la forma más fácil de hacerlo, ya que, en

épocas de estiaje, un agricultor tiende a no desperdiciar el agua por su relativa escasez. En la Tabla 19 se presentan los poblados que forman parte del área de estudio:

Tabla 19

Centros poblados circunscritos en el área de estudio

Distrito	Centros Poblados, Caserío o Anexo	Comunidad Campesina	Tipo Predominante
Tanta	Masho, Tanta Vieja, Tambohuay, Moya, Tanta, Oella y Mullucocha	C.C. Tanta	Rural
Huancaya	Vilca , Anqui, Ninabamba, Chullus, Tambomachay, Carhuacocha, Quiullacocha, Tinco, Apas, Yanama, Chaquicocha, Zapatero Paccha, Caramachay, Huanca cruz, Antaron, Huinso, Potente, Pucucho, Grangramachay, Vilcamanta, Suchuc, Huancaya y Cabracancha	C.C. Huancaya C.C. Vilca	Rural
Vitis	Huayllacancha, Jatuncancha, Ashincuy, Salmacancha, Tunshucancha, Huiscoran, Casacancha, Vitis , Quillcacancha, Mogeneta	C.C. Vitis	Rural
Miraflores	Pacocha, Chalca, Tucto, Piños , Ahuay, Uman, Quiche, Coya (cotraj), Yupanca, Medio casa, Iya, Huayllacancha, Llica, Cutuni, Tambo, Miraflores, Achucura	C.C. Miraflores C.C. Piños	Rural
Alis	Tinco Alis , Alis y Hualaria	C.C. Alis	Rural
Tomas	Pachas, Tomas y Tambillo (huayunca)	C.C. Tomas	Rural
Laraos	Ullpo, Asucha, Llapay , Ahuicho, Tintin , Ancharacancha, Quillcay, Ipollo, Pamparca, Molino Chico (Chinche), Laraos	C.C. Laraos	Rural

Fuente: Plan Maestro RPNYC 2006 – 2011.

De acuerdo a los datos del Plan Maestro de la RPNYC, 2006 – 2011, existe un predominante entorno rural sobre pequeños establecimientos urbanos, además de que predomina la actividad agropecuaria en los centros poblados.

Fuentes de Contaminación Doméstica

En el Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la cuenca Cañete, mayo 2013 elaborado por la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos – DGCRH (Informe Técnico N° 017 – 2012 -ANA-DGCRH/CGEL), se consigna el Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC, en el que se notifica la existencia de vertimientos

no autorizados en los distritos de Tomas, Alis y Yauyos. En el distrito de Tomas no todas las viviendas cuentan con el servicio de alcantarillado. En el distrito de Alis, la laguna de oxidación se encontraba inoperativa y en el distrito de Catahuasi, las aguas residuales no contaban con un sistema de tratamiento. En el Tabla 20 se presenta la ubicación de los vertimientos mencionados.

Tabla 20

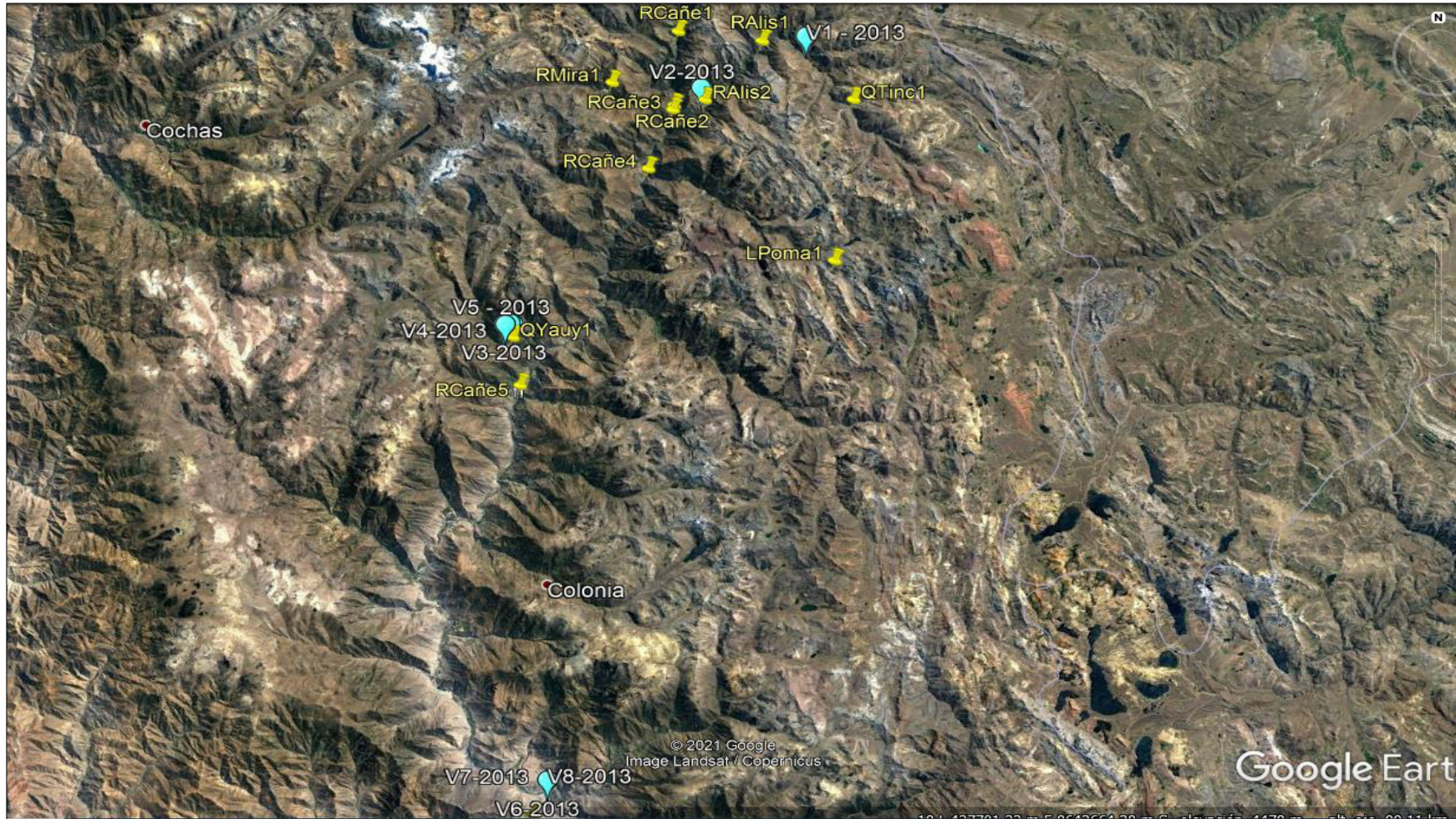
Vertimientos domésticos consignados en el informe ANA – mayo 2013

Vertimiento	Tipo de Vertimiento	Coordenadas UTM Datum PSAD 56 – Zona 18S		Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte	Este	Norte
V1	Red de alcantarillado de aguas residuales domésticas sin tratamiento proveniente de ciertas viviendas de Tomas (entre el puente de la ciudad de Tomas y el río Tinco)	422 023	8 645 932	421799	8 645 565
V2	Vertimiento de la red de alcantarillado de aguas residuales domésticas sin tratamiento proviente de la población de Alis (referencia estación de reciclaje)	414 511	8 641 900	414 287	8 641 532
V3	Efluentes de aguas residuales domésticas de la población de Yauyos tratados en lagunas de oxidación y vertidos al río Yauyos	400 941	8 622 824	400 717	8 622 456
V4	01 vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento hacia el río Yauyos (referencia puente Plaza de Armas)	400 389	8 622 774	400 165	8 622 406
V5	01 vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento hacia el río Yauyos (referencia antes del ingreso hacia las lagunas de oxidación)	400 752	8 622 885	400 528	8 622 517
V6	Vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento hacia el río Cañete (referencia Puesto de Salud Catahuasi)	403 259	8 585 234	403 035	8 584 866
V7	03 vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento de domicilios aledaños hacia el río Cañete	403 289	8 585 251	403 065	8 584 883
V8	Vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento provenientes de la red de alcantarillado de la ciudad Catahuasi hacia el río Cañete	403 317	8 585 313	403 093	8 584 945

Fuente: Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC.

Figura 18

Representación de los vertimientos ANA 2013 en google earth



Nota. Vertimientos ANA - mayo2013: Iconos celestes, puntos de monitoreo ANA - mayo2013: íconos amarillos.

En los poblados de Vitis, Vilca y Huancaya las viviendas poseen silos o letrinas. En el distrito de Laraos, las aguas residuales domésticas son tratadas en los pozos sépticos por percolación. En el informe mencionado también se registran 15 puntos de monitoreo, la data obtenida fue comparada y evaluada con los valores físicos, químicos y microbiológicos de la Categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales” y la Categoría 4: “Conservación del Ambiente Acuático – Lagos y Lagunas” de los ECA (ECA) para Agua establecidos en el D.S. N° 002-2008-MINAM. Los resultados de la evaluación se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21

Parámetros físicos evaluados y contenidos en el informe ANA – mayo 2013

Parámetro	Comentarios
pH	En toda la cuenca evaluada se registraron valores de pH constante con pocas variaciones, pero en un rango básico (7.48 unidades de pH a 8.81 unidades de pH), pasando en la mayoría de puntos evaluados el rango establecido. En las conclusiones se indica que los valores se deben a la mineralogía de la cuenca y la interacción del agua con los sedimentos ribereños y los que forman el lecho.
Hierro	Se monitorearon 15 puntos y los resultados obtenidos fueron comparados con el rango establecido (1 mg/L) del ECA para los ríos y quebradas en la categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”. En el río Alis (RALIS1) , las aguas abajo del distrito de Tomas, la concentración de hierro se encuentra por encima del valor establecido (1 mg/L) del ECA, con una concentración de 1.34 mg/L debido a que la presencia en forma disuelta y suspendida de los minerales presentes en la corteza de la cuenca. Mientras, que aguas abajo del río Alis, ubicado aguas abajo del distrito de Alis se registraron menores concentraciones de hierro (0.43 mg/L) que en agua debido a la autodepuración del río por reacciones de precipitación y/o disolución de los minerales de hierro en el cuerpo de agua . Estas concentraciones de hierro en el río Alis no causaron impacto en las concentraciones del río Cañete, desde la confluencia con el río Alis hasta el Puente Clarita – Distrito de San Vicente de Cañete. El hierro es un parámetro conservativo que se mantiene casi constante a lo largo del río Cañete y sus principales afluentes (río Miraflores y quebrada Yauyos), y cuya variación de concentración en los mismos puntos de monitoreo están directamente ligados a los niveles de caudales . En las conclusiones se menciona que se registraron concentraciones por encima del valor límite debido al material suspendido (aguas turbias por el aporte de material en suspensión) y la forma disuelta que provienen de los minerales presentes en la cuenca, en cuya composición también se registra mayores concentraciones de zinc, plomo, manganeso, cobalto, aluminio – menores a los respectivos valores establecidos en la Categoría 3 – que los otros cuerpos de agua. Cabe indicar que aguas abajo del distrito de Alis, el río Alis registran menores concentraciones de los metales (a excepción de los metales: estroncio, bario, calcio, potasio y sodio).

Parámetro	Comentarios
Coliformes Termotolerantes	<p>Del total de puntos evaluados en la cuenca del río Cañete, solo en 03 puntos de monitoreo se encuentra la presencia de coliformes termotolerantes por encima del valor establecido (1000 NMP/100 ml) del ECA, correspondiente al río Alis (RALis1), aguas abajo del distrito de Tomas, con una concentración de 16 000 NMP/100 mL, río Miraflores, aguas abajo del distrito de Miraflores, con una concentración de 3500 NMP/100 mL y río Cañete 6, aguas abajo del distrito de Catahuasi con una concentración de 1300 NMP/100 ml.</p> <p>El río Alis se encuentra muy afectado por los coliformes termotolerantes (fecales) debido a los residuos fecales de las descargas de aguas residuales domésticas y actividades antropogénicas del distrito de Tomas. Asimismo, el río Miraflores y el río Cañete están afectados por las descargas del distrito de Miraflores y Catahuasi, respectivamente.</p> <p>Cabe indicar que la presencia de coliformes de origen fecal (termotolerantes) presentes en el río Alis, río Miraflores y río Cañete no causaron impacto a los cuerpos de agua río Alis (antes de la confluencia al río Cañete) y el río Cañete (aguas abajo del distrito de Lunahuana – Puente Sosci y en el Puente Clarita). Esto es debido a que los coliformes termotolerantes es un parámetro ambiental no conservativo que se ve influenciado por la temperatura, actividad biológica y la composición físico-química de los cuerpos de agua, además de los caudales de los diferentes cuerpos de agua (río y quebrada) que permite la dispersión de los coliformes reduciendo considerablemente la zona de mezcla.</p> <p>En las conclusiones del informe, se menciona que en el río Alis se encuentra muy afectado por los coliformes termotolerantes (fecales) debido a los residuos fecales de las descargas de aguas residuales domésticas y actividades antropogénicas del distrito de Tomas. Sin embargo, aguas abajo del distrito de Alis, el río Alis se autodepura debido a su capacidad de resiliencia, registrando menos concentraciones de coliformes termotolerantes (fecales). Asimismo, el río Miraflores y el río Cañete están afectados por las descargas del distrito de Miraflores y Catahuasi, respectivamente. Finalmente, los cuerpos de agua de la cuenca del río Cañete pueden ser considerados limpios, en tanto que solo el río Miraflores y río principal Cañete se encuentran afectados puntualmente por descargas domésticas.</p>

Fuente: Informe de monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca Cañete, mayo 2013.

Paradójicamente, en las recomendaciones del informe mencionado se indica que: La cuenca del río Cañete es una de las pocas cuencas a nivel nacional que tiene baja afectación de su calidad por las actividades antropogénicas, por lo cual debe protegerse para mantener un nivel de calidad adecuado para la vida acuática y sostenible de todos los actores relacionados con la cuenca del río Cañete a fin de implementar las medidas de conservación de todos sus cuerpos de agua; siendo necesaria la difusión de medidas de control de las fuentes contaminantes que afectan la calidad de agua en la cuenca.

Se instó al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) sobre la necesidad de coordinar con los gobiernos locales y regionales y otras entidades administradoras de los servicios de saneamiento en el ámbito de la cuenca a fin de que tomen las medidas necesarias para que se implementen los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de las localidades para la no afectación de la calidad de los principales cuerpos receptores de los ríos: Yauyos, Alis, Tinco, Miraflores y Cañete y se remitieron los resultados al gobierno regional de Lima, MMVCS, municipalidad provincial de Cañete y Yauyos y Autoridad Local del Agua (ALA) Mala-Omas-Cañete, a fin de implementar las acciones necesarias de sus competencias para el control de contaminantes naturales y/o antropogénicas para la protección de la calidad de las aguas de la cuenca Cañete (ANA, 2013, p.20).

En el mes de junio del año 2013 (correspondiente a la temporada de estiaje) se efectuó el Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete, la evaluación de los resultados con los ECA del agua vigentes en aquel período se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22

Evaluación de calidad de agua superficial ANA – junio 2013

Parámetro	Comentarios
Oxígeno Disuelto	Los puntos monitoreados en esta cuenca cumplen con los ECA-agua Cat. 3 a excepción de dos puntos: RMira1 (3.40 mg/L) y QTinc 1 (3.72 mg/L) los que se encuentran por debajo del ECA-agua Cat. 3 (4mg/L) correspondientes al río tributario Miraflores y quebrada Tinco, respectivamente.
Potencial Hidrógeno	El valor de pH para el ECA-aguas Cat. 3 y Cat. 4 fluctuó entre 6.5 – 8.5, en esta cuenca cinco puntos se encuentran ligeramente fuera del rango establecido para ambas categorías: RCañe2 (8.58), RAlis2 (8.52), RCañe3 (8.53), RCañe4 (8.57) y RCañe5 (8.55). Los puntos RCañe9 (8.66), RCañe1 (8.66), RAlis1 (8.65) y QTinc1 (8.81) exceden los valores ECA para este parámetro de pH en la misma Cat. 3.
Manganeso	La quebrada tributaria Tinco, QTinc (0.328 mg/L) que excede el parámetro manganeso para el ECA-agua Cat. 3, el cual no debe exceder de 0.2 mg/L. La corteza terrestre de la cuenca del río Cañete registra diferentes concentraciones de metales (calcio, sodio, silicio, aluminio, potasio, magnesio, etc.), entre las cuales se encuentran el hierro y manganeso formando diferentes minerales que son trasladados a los sedimentos (principalmente hematita y manganaxinita ^a , que es un problema para el tratamiento de agua para consumo.

Parámetro	Comentarios
	No obstante, la concentración aguas abajo (río Alis) antes de la afluencia al río Cañete disminuye debido a la capacidad dilución del río Alis.
Coliformes Termotolerantes	El valor de coliformes termotolerantes en los ECA-aguas Cat.3 y Cat.4 es de 1000 NMP/100ml, los puntos QYauy1 (2300 NMP/100ml) y RCañe6 (7000 NMP/100ml) superan el respectivo valor de los ECA. Esta alta concentración registrada se debe a que el punto de muestreo que se encuentra ubicado aguas abajo del distrito de Yauyos (QYauy1) recibe aguas que provienen de aguas de las redes de alcantarillado que colectan las aguas residuales de la población y del camal de un sistema de tratamiento inoperativo. Mientras, el otro punto se encuentra aguas abajo del distrito de Catahuasi (RCañe6) que recibe aguas que proviene de aguas residuales sin tratamiento generadas por la población. No obstante, esta concentración de bacterias patógenas disminuye en el río Cañete aguas abajo en el puente Sosci y en el puente Clarita debido a la capacidad de resiliencia del río Cañete. Asimismo, en el río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena en el proceso de dilución de las aguas de la quebrada Yauyos.

Fuente: Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la cuenca Cañete, junio 2013.

^a Girón, I. “Caracterización mineralógica de los sedimentos cuaternarios de la plataforma continental del Perú”. Universidad Nacional de San Marcos, Fac. de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geografía, (2009), p. 119.

El Informe Técnico N° 060-2014-ANA-DGCRH-GOCRH, hace referencia a que como consecuencia del inventario de fuentes contaminantes presentado con Informe Técnico N° 0139-2014-ANA-AAA.CF-ALA.MOC-AT/LEAP se identificaron 51 fuentes contaminantes en la cuenca del río Cañete, tal como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23

Fuentes contaminantes en la cuenca del río Cañete – diciembre 2014

Tipo de fuente	Cantidad
Vertimientos de aguas residuales domésticas descargadas a cuerpo receptor	12
Vertimientos de aguas residuales domésticas descargadas a drenes	02
Botaderos de residuos sólidos	06
Tuberías conectadas al cauce del río	17
Fuente de contaminación indirecta por infiltración y percolación	14
Total	51

Fuente: Informe Técnico N° 0139-2014-ANA-AAA.CF-ALA.MOC-AT/LEAP.

En las Tablas 24, 25, 26, 27, 28 y 29 se presenta la ubicación y descripción de los puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas, puntos de vertimiento de aguas residuales a infraestructura de riego y drenaje agrícola, botaderos de residuos sólidos domésticos a la intemperie, descargas directas al cauce, infiltraciones y vertimientos domésticos e industriales autorizados identificados en la cuenca del río Cañete, respectivamente. Estas mismas fuentes de contaminación se presentan en el posterior Informe Técnico N° 086-2015-ANA-AAA.CF/SDGCRH relativo al monitoreo realizado el año 2015, con la única adición de tres (03) vertimientos autorizados adicionales (Tabla 29).

Tabla 24

Ubicación y descripción de los puntos de vertimiento de aguas residuales domésticas identificados en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014

Vertimiento	Descripción del Vertimiento de Aguas Residuales Domésticas (VD)	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
Ve-1	Descarga de aguas residuales del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del centro poblado de Vilca (colapsado), ubicado a dos metros aprox del río Cañete	410114	8660642
Ve-2	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Vitis	412088	8648703
Ve-3	Sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado de Miraflores	407975	8642485
Ve-4	Aguas residuales domésticas de la red de alcantarillado de la localidad de Tinco - Yauricocha	424804	8641734
Ve-5	Aguas residuales domésticas de la red de alcantarillado de la localidad de Llapay	410061	8636868
Ve-6	Aguas residuales domésticas de la red de alcantarillado de la localidad de Yauyos (altura del puente – Plaza de Armas)	400161	8622414
Ve-7	Sistema de red de aguas residuales procedentes del camal municipal de Yauyos	400469	8622407
Ve-8	Sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Yauyos	400625	8622447
Ve-9	Sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Calachota	393688	8603363
Ve-10	Sistema de Tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Canchan	400627	8586754
Ve-11	Sistema de red de aguas residuales procedentes de la localidad de Catahuasi	403044	8584860
Ve-12	Sistema de red de aguas residuales procedentes de la localidad de Catahuasi	403081	8584950

Fuente: Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC.

Tabla 25

Ubicación y descripción de los puntos de vertimiento a la infraestructura de regadío y drenaje agrícola identificados en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014

Vertimiento	Descripción del Vertimiento de Aguas a Infraestructura de Regadío y Drenaje Agrícola	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
Vag-1	Aguas residuales domésticas procedentes de las localidades de San Vicente y Nueva Imperial, la red de alcantarillado es administrada por EMAPA CAÑETE S.A.	348784	8552358
Vag-2	Aguas residuales domésticas procedentes de las localidades de San Luis, anexo Los Compradores y anexo San Benito, la red de alcantarillado es administrado por EMAPA Cañete	344710	8555999

Fuente: Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC.

Tabla 26

Ubicación de los botaderos de residuos sólidos domésticos identificados en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014

ID	Descripción de botaderos de residuos sólidos domésticos a la intemperie	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
Bo-1	Botadero de residuos sólidos N° 1 de la localidad de Vilca, ubicado a la margen derecha del río Cañete.	410111	8660632
Bo-2	Botadero de residuos sólidos N° 1 de la localidad de Puente Tinco – Alis, ubicado a la margen derecha del río Alis tributario del río Cañete.	412164	8640931
Bo-3	Botadero de residuos sólidos N° 1 de la Localidad de Yauyos	400489	8622401
Bo-4	Botadero de residuos sólidos N° 1 de la Localidad de Puento Auco	396639	8608376
Bo-5	Botadero de residuos sólidos N° 1 de la Localidad de Calachota	393651	8603334
Bo-6	Botadero de residuos sólidos N° 1 de la Localidad de Canchan	400433	8586961

Fuente: Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC.

Tabla 27

Ubicación y descripción de las fuentes contaminantes directas por descarga al cauce en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014

ID	Descripción de descargas directas al cauce por medio de tubería	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
D-1	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Tinco Yauricocha	424831	8641648

ID	Descripción de descargas directas al cauce por medio de tubería	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
D-2	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de hierro fundido de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Tinco Yauricocha	424824	8641657
D-3	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de hierro fundido de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Tinco Yauricocha	424821	8641658
D-4	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería cemento, proveniente de las viviendas de la localidad de Tomas	418997	8647079
D-5	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Alis	414469	8642151
D-6	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de hierro fundido de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Puente Tinco - Alis	412159	8640929
D-7	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de hierro fundido de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Puente Tinco - Alis	412160	8640930
D-8	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de hierro fundido de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Llapay	410010	8636908
D-9	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Llapay	409987	8636990
D-10	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Llapay	409986	8637000
D-11	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Llapay	409990	8636982
D-12	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Magdalena	400958	8618834
D-13	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Magdalena	400927	8618791
D-14	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Puente Auco	396722	8608419
D-15	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Catahuasi	403050	8584888
D-16	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Catahuasi	403058	8584905
D-17	Aguas residuales domésticas descargadas a través de una (01) tubería de PVC de 4", proveniente de las viviendas de la localidad de Catahuasi	403062	8584921

Fuente: Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC.

Tabla 28

Descripción y ubicación de las fuentes contaminantes indirectas por infiltración identificadas en la cuenca del río Cañete – diciembre del 2014

ID	Descripción de fuentes contaminantes indirectas por infiltración	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
Fi-1	Aguas residuales después de ser tratadas son conducidas a tres tanques de percolección de 3 m del río Tanta	389685	8660171
Fi-2	Las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado de la localidad de Huancaya son dispuestas en estos tanques de concreto cerrado infiltrándose en el terreno	412955	8650489
Fi-3	Se infiltran en el terreno a dos (02) metros del río Cañete	412154	8640958
Fi-4	Se infiltran en el terreno a dos (02) metros del río Alis	421584	8645796
Fi-5	Se infiltran en el terreno a tres (03) metros del río Alis	418908	8646690
Fi-6	PTARD en construcción a un costado de la carretera, antes del ingreso a la localidad de Tomas	418855	8646654
Fi-7	Se infiltran en el terreno a 3 m del río Alis	414327	8641599
Fi-8	Se infiltran en el terreno a tres (03) metros del embalse del río Laraos, al momento de la inspección se encontraba seco	414648	8634818
Fi-9	Se infiltran en el terreno a tres (03) metros del río Cañete	396590	8608277
Fi-10	Se infiltran el terreno lejos del río Pitinza	396378	8599197
Fi-11	Se infiltran en el terreno a 15 m del río Cañete	394775	8594834
Fi-12	Se infiltran en el terreno	383244	8575789
Fi-13	Se infiltran en el terreno	375947	8567903
Fi-14	Se infiltran en el terreno	379313	8570713

Fuente: Informe Técnico N° 005-2010-ANA-DGCRH/RGC.

Tabla 29

Descripción y ubicación de los vertimientos autorizados – diciembre 2014 y diciembre 2015

ID	Descripción de vertimientos autorizados	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
V-I (705) ^a	Aguas residuales industriales tratadas procedentes de la PTAR, de la minera Corona, que descarga a través de un canal de concreto	424563	8641783
M-4 ^a	Aguas residuales domésticas tratadas descargadas por una tubería de PVC de 4 pulgadas a una caja de registro y de allí descargada al embalse.	395490	8594072
VSJN ^a	Aguas residuales domésticas tratadas descargadas por una tubería de PVC de 4 pulgadas al río Cañete	393618	8580588
PE ^b	Cámara mixta (Cámara de mezcla de efluente de las dos plantas de tratamiento)	351504	8547454
M-5 ^b	Aguas Residuales procedentes de la bocamina Nv. 500 y Cancha de Relaves de la Unidad Operativa Solitaria	425369	8627928

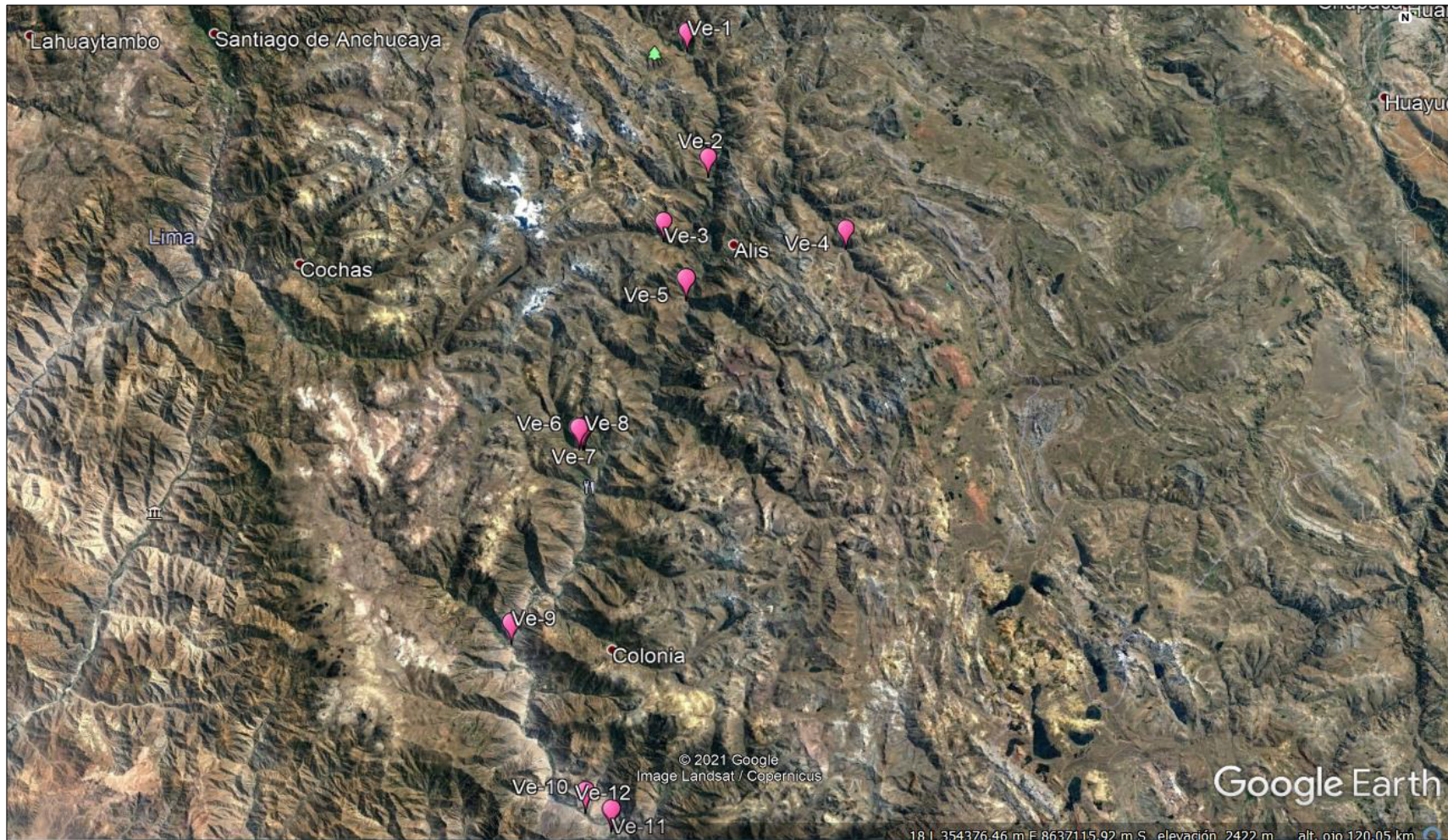
ID	Descripción de vertimientos autorizados	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
V ^b	Descargas de aguas residuales industriales tratados del CPI y Salmuera de la Planta de Osmosis Inversa de la Planta de Licuefacción de gas natural de PERU LNG S.R.L.	358328	8534383

Nota. Con base en el informe técnico N° 139-2014-AAA.CF-ALA.MOC-AT/LEAD.

^a Informe de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial ANA – diciembre 2015.

Figura 19

Representación de la ubicación de los vertimientos de aguas residuales domésticas ANA 2014 en google earth



Nota. Vertimientos de aguas residuales domésticas: Iconos rosados.

Figura 20

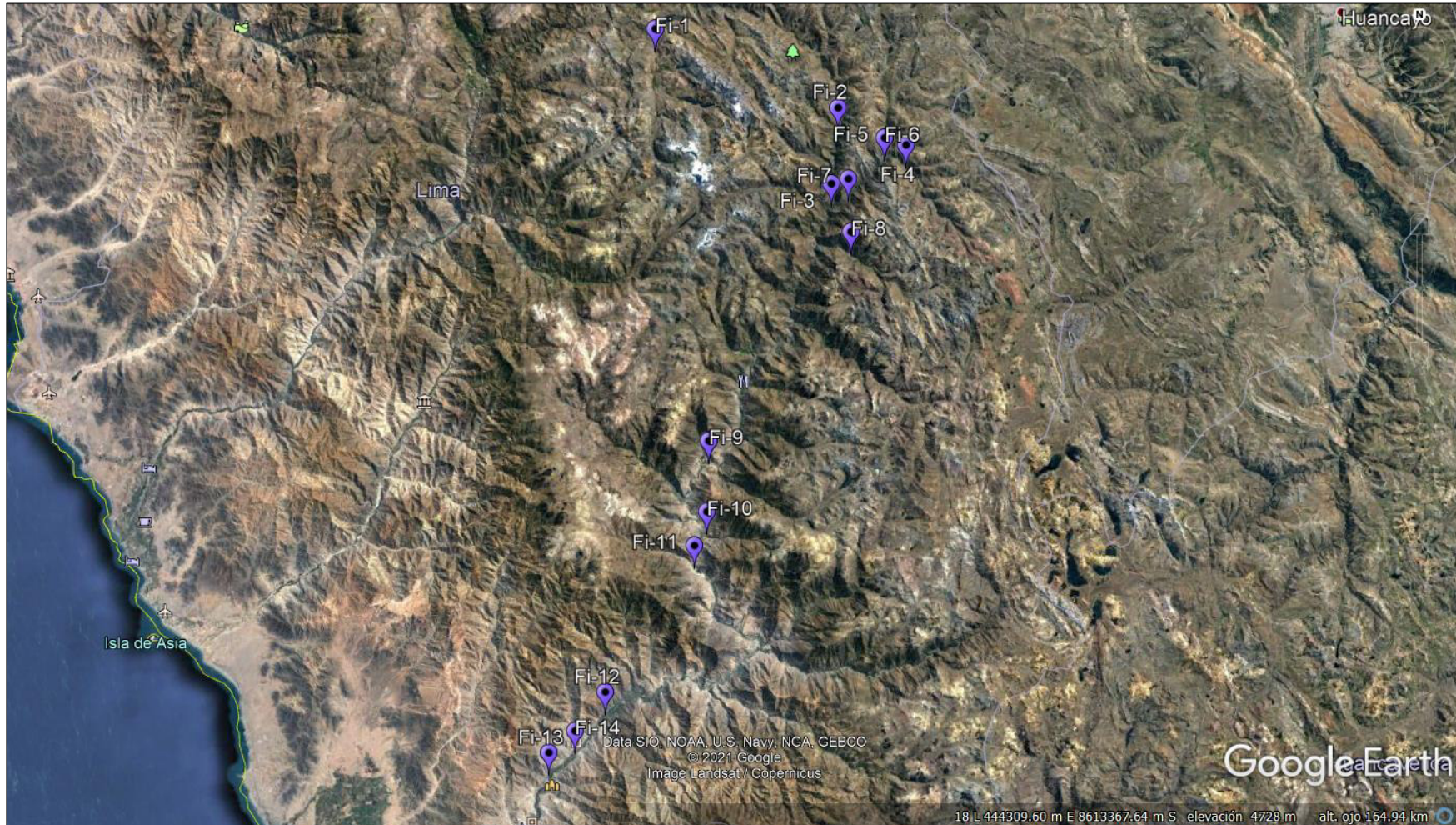
Representación de los puntos de descarga directa de aguas residuales domésticas a los ríos



Nota. Vertimientos de aguas residuales domésticas de descarga directa: Iconos rojos.

Figura 21

Representación de los puntos de infiltración de aguas residuales domésticas a los ríos



Nota. Vertimientos de aguas residuales domésticas por infiltración: Iconos violetas.

Figura 22

Representación de los puntos de vertimiento autorizados a los ríos



Nota. Vertimientos autorizados: Iconos amarillos.

En las Tablas 30 y 31 se registran los resultados obtenidos de los informes de monitoreos referentes a la calidad de aguas superficiales, correspondiente a los meses de diciembre del 2014 y 2015, los cuales han sido comparados con la Categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales” y la Categoría 4: “Conservación del Ambiente Acuático – Lagos y Lagunas” de los ECA para Agua establecidos en el D.S. N° 002-2008-MINAM vigentes durante esa fecha.

Tabla 30

Evaluación de calidad de agua superficial ANA – diciembre 2014

Parámetro	Comentarios
Parámetros Físicos	
Oxígeno Disuelto	En todos los puntos de monitoreo de la cuenca Cañete se presentaron valores mayores al mínimo permitido que señala el ECA-Agua Categoría 3 (O.D. \geq 4 mg/L), a excepción del punto de monitoreo LPaco1 , que registró un valor de 4.9 mg/L ligeramente debajo del límite del ECA-agua Categoría 4 (O.D. \geq 5 mg/L).
Potencial Hidrógeno	Los puntos LPaco 1 y EPauc1 presentaron pH dentro del rango establecido en el ECA-agua Categoría 4 (pH: 6.5 – 8.5). Por otro lado, el río Alis presentó valores ligeramente superiores al rango del ECA-Agua Categoría 3 (pH 6.5 – 8.4) en los puntos de monitoreo RAlis 1 y RAlis2 . Así mismo, el río Cañete presenta una ligera alcalinidad superando el ECA-Agua Categoría 3 (pH 6.5 -8.4) en los puntos de monitoreo aguas abajo de la confluencia con el río Alis (RCañe1, RCañe2, RCañe3, RCañe4, RCañe5, RCañe9 y RCañ7).
Metales	
Plomo	La concentración de plomo en la laguna Pacocha (LPaco1) fue de 0.0492 mg/L, y excede el ECA-Agua de la categoría 4 “Conservación del ambiente acuático” (0.001 mg/L). El punto de muestreo se encuentra ubicado a orillas de la laguna Pacocha, esta laguna es cuerpo receptor donde Minera San Valentín descarga sus efluentes industriales tratados con autorización. En los otros cuerpos de agua evaluados de la cuenca Cañete, las concentraciones de plomo no superan el ECA-Agua de la categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”.
Cadmio	La concentración de cadmio solo excedió el valor del ECA-Agua en la laguna Pacocha y fue de 0.00478 mg/L. En los otros puntos muestreados de la cuenca Cañete no se registraron valores de cadmio que exceden el ECA-Agua de la Categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales”.
Cobre	Solo se registró en la laguna Pacocha una concentración de 0.0635 mg/L, superior al establecido en el ECA-Agua Cat.4: “Conservación del ambiente Acuático – Lagunas y Lagos” (0.02 mg/L). La laguna Pacocha, es cuerpo receptor de las aguas residuales industriales tratadas de Compañía Minera San Valentín. En los otros cuerpos de agua analizados, las concentraciones de cobre no exceden el valor del ECA- Agua de la categoría 3 con que se evalúa.
Zinc	Solo se observó en la laguna Pacocha (1.521 mg/L) cuya concentración excede el valor del ECA-Agua de la Categoría 4: “Conservación del ambiente acuático – Lagunas y Lagos” (0.03 mg/L) con que se evalúa. Por otro lado, en los otros cuerpos de agua evaluados las concentraciones de zinc se encuentran por debajo

Parámetro	Comentarios
	del valor del ECA-Agua de la categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales”
Parámetros Microbiológicos	
Coliformes Termotolerantes	Con respecto a los coliformes termotolerantes según los resultados, indican que los ríos Miraflores y Cañete (RCañe3, RCañe4 y RCañe5) tienen presencia de estos microorganismos, pero no superan el ECA-Agua de la categoría 3. Por otro lado, el agua de la quebrada Yauyos contiene coliformes termotolerantes (13000 NMP/100 ml) que supera el valor del ECA-Agua de la Categoría 3. Debe precisarse que el punto de monitoreo de la quebrada Yauyos se ubica aguas abajo del vertimiento del camal municipal de la localidad de Yauyos y de los vertimientos domésticos de la misma localidad.

Fuente: Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la cuenca Cañete, diciembre 2014.

Tabla 31

Evaluación de calidad de agua superficial ANA – diciembre 2015

Parámetro	Comentarios
Parámetros Físicos	
DBO ₅	Todos los puntos monitoreados en esta cuenca cumplen con los ECA-Agua Cat. 3 en el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, a excepción de un punto correspondiente a la laguna Pacocha LPaco1 (6.9 mg/L) monitoreado registra concentraciones de DBO ₅ ligeramente superior el valor límite del ECA-Agua Cat. 4 (5 mg/L). Esto probablemente a la carga de materia orgánica encontrada en la laguna, esto debido a que la DBO se define como la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición biológica.
pH	Los valores de pH para el ECA-Agua Cat. 3 Bebidas de Animales fluctúan entre 6.5 – 8.4, en esta cuenca seis (06) puntos se encuentran ligeramente fuera del rango establecido para esta sub-categoría: RCañe1 (8.43), RAlis2 (8.43), RLara1 (8.46), RCañe4 (8.48), RCañe5 (8.46) y RCañe7 (8.42), así mismo los valores de pH para el ECA-Aguas Cat. 3 Riego de Vegetales de Tallo Alto y Bajo que fluctúan entre 6.5 – 8.5, en esta cuenca cinco (05) puntos se encuentran ligeramente fuera del rango establecido para esta sub-categoría, como son: QTinc1 (8.69), RAlis3 (8.54), RAlis1 (8.59), RCañe2 (8.51), RCañe9 (8.51). Asimismo, en relación a este parámetro, los puntos LPaco1 y EPauc1 presentaron pH dentro del rango establecido en el ECA-Agua Categoría 4 (pH 6.5 -8.5)
Metales	
Níquel (Ni)	En el punto de monitoreo LPaco1 (Laguna Pacocha) se registró una concentración (0.0492 mg/L), superior al establecido en el ECA-Aguas Cat. 4: “Conservación del ambiente Acuático – Lagunas y Lagos” 0.025 mg/L. la laguna Pacocha, es cuerpo receptor de las aguas residuales industriales tratadas de Compañía Minera San Valentín. El parámetro analizado en otros puntos de monitoreo, no exceden el valor del ECA-Agua Cat. 3 con que se evalúa.
Arsénico (As)	La concentración de Arsénico (As) en el punto de monitoreo LPaco (0.3173 mg/L) excede el valor límite de este parámetro para los ECA-Aguas Cat. 4: “Conservación del ambiente acuático – Lagunas y Lagos” (0.01 mg/L), cabe mencionar que este punto de monitoreo se encuentra ubicado a orillas de la laguna Pacocha, cuerpo receptor donde la Minera San Valentín, descarga sus efluentes industriales tratados.

Parámetro	Comentarios
Cobre (Cu)	Solo se registró en la laguna Pacocha una concentración de 0.1301 mg/L, superior al valor límite establecido en el ECA-Agua Cat. 4: “Conservación del ambiente acuático – Lagunas y Lagos” (0.02 mg/L). La laguna Pacocha es un cuerpo receptor de las aguas residuales industriales tratadas de Compañía Minera San Valentín. El parámetro analizado en otros puntos de monitoreo, no exceden el valor del ECA-Agua Cat.3 con que se evalúa.
Zinc (Zn)	En los puntos de monitoreo LPaco (1.125 mg/L) y EPauc1 (0.0517 mg/L) se excede el valor límite del ECA-Aguas Cat. 4: “Conservación del ambiente acuático – Lagunas y Lagos” (0.03 mg/L). La laguna Pacocha, es cuerpo receptor de las aguas residuales industriales tratadas de Compañía Minera San Valentín. Por otro lado, en los otros cuerpos de agua evaluados, las concentraciones de Zinc se encuentran por debajo del valor del ECA-Agua Cat. 3 Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.
Selenio (Se)	El valor de este parámetro para los ECA-Aguas Cat. 3: “Riego de Vegetales y Bebidas de Animales” es de 0.05 mg/L, la concentración de selenio (Se) para los puntos de monitoreo RCañe 1 (3.619 mg/L), RMira1 (1.995 mg/L), RMira2 (1.978 mg/L), QTinc1 (0.5796 mg/L), RAlis3 (1.136 mg/L), RAlis1 (1.159 mg/L), RAlis2 (2.837 mg/L), RLara1 (1.54 mg/L), QYauy1 (2.718 mg/L), RCañe2 (2.619 mg/L), RCañe3 (3.007 mg/L), RCañe4 (1.897 mg/L), RCañe5 (2.789 mg/L), RCañe9 (2.744 mg/L), RCañe6 (2.648 mg/L), RCañe10 (2.549 mg/L), RCañe7 (3.026 mg/L) y RCañe8 (4.897 mg/L), excede el valor establecido. Las concentraciones halladas son relativamente altas y estarían asociadas a la naturaleza geoquímica de la cuenca hidrográfica. Por otro lado, en los puntos de monitoreo; LPaco y EPauc1, las concentraciones de Se Total se encuentran por debajo del valor ECA-Agua Cat.4 “Conservación del Ambiente Acuático – Lagunas”.
Manganeso (Mn)	En los puntos de monitoreo RCañe1 (7.238 mg/L), RMira1 (2.425 mg/L), RMira2 (2.686 mg/L), QTinc1 (5.377 mg/L), RAlis3 (6.842 mg/L), RAlis1 (7.77 mg/L), RAlis2 (17.84 mg/L), RLara 1 (3.707 mg/L), QYauy1 (1.266 mg/L), RCañe2 (8.125 mg/L), RCañe3 (12.43 mg/L), RCañe4 (7.97 mg/L), RCañe5 (11.12 mg/L), RCañe9 (9.207 mg/L), RCañe6 (8.635 mg/L), RCañe10 (8.872 mg/L), RCañe7 (8.872 mg/L) y RCañe8 (11.08 mg/L) la concentración excede el valor establecido del ECA-Aguas Cat. 3: “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” (0.2 mg/L). Las concentraciones halladas son relativamente altas y estarían asociadas a la naturaleza geoquímica de la cuenca hidrográfica excede el valor establecido. Por otro lado, en los puntos de monitoreo; LPaco y EPauc1 las concentraciones de Mn Total se encuentran por debajo del valor del ECA – Agua Cat. 4 “Conservación del Ambiente Acuático – Lagunas”.
Parámetros Microbiológicos	
Coliformes Termotolerantes	En el punto de monitoreo RAlis1, así como en el río Cañete en los puntos de monitoreo, RCañe5, RCañe6 y RCañe8 tienen presencia de estos organismos, pero no superan el valor establecido del ECA-Aguas Cat. 3. Por otro lado, en los puntos de monitoreo QYauy1 (330000 NMP/100 ml) y RCañe10 (1100 NMP/100 ml) superan el valor establecido del ECA-aguas Cat.3. Se debe precisar que el punto de monitoreo establecido en la quebrada Yauyos se ubica aguas abajo del vertimiento del camal municipal de la localidad de Yauyos y de los vertimientos domésticos no tratados de la misma localidad. Asimismo, el punto de monitoreo establecido en el río Cañete, RCañe10 se encuentra ubicado aguas abajo del embalse San Juanito (CELEPSA).

Fuente: Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la cuenca Cañete, diciembre 2015.

3.7.9.2. Actividad pecuaria. El área de estudio agrupa a cinco comunidades campesinas (Tanta, Vilca, Huancaya, Vitis y Miraflores) dedicadas principalmente a una incipiente actividad comercial y a una agricultura y ganadería de subsistencia. La difícil accesibilidad de esta zona, con ausencia de carreteras, ha evitado la formación de asentamientos humanos importantes, a excepción de los pequeños poblados rurales de Vilca y Huancaya, de menos de 500 habitantes cada uno. La actividad pecuaria es desarrollada en los pastizales basada en la crianza de ovinos, camélidos, bovinos, equinos, etc.; en número variable y generalmente a través del pastoreo continuo y simultáneo.

3.7.9.3. Actividad minera. Históricamente según ONERN, desde el punto de vista minero metálico, se han identificado tres áreas mineralizadas. La primera localizada en Yauyos y sus alrededores. La segunda y tercera de mayor importancia entre las localidades de Miraflores, Tomás, Vitis y Yauricocha.

La mina Yauricocha, que fue operada antiguamente por empresa minera Centro del Perú S.A. (CENTROMINPERU) y ahora se encuentra bajo administración de San Valentín S.A., tiene como fuente de agua la laguna de Yauricocha empleando 706 000 m³/año de agua, el producto final es cobre, plomo y zinc. La planta para el año 1970, contaba con una capacidad de 1550 TM/día, el promedio diario tratado era de 1,290 TM/día. Los reactivos involucrados en su tratamiento de minerales eran: el sulfato de sodio, sulfato de cobre y los xantatos, los cuales estarían presentes en los vertimientos de sus relaves.

Sobre el ramal izquierdo de la cuenca alta del río Alis (río Tomas), se desarrolló desde la década de los 70 una intensa actividad minera que actualmente ha disminuido apreciablemente, pero que ha influenciado negativamente sobre la calidad de las aguas de este río hasta la actualidad.

En esta región existen algunos depósitos importantes de minerales, plomo, plata, cobre, zinc, etc., principalmente en las quebradas Pumacocha y el río Alis, donde se ubican las unidades San Valentín y Yauricocha, que son zonas mineras desde épocas coloniales. La explotación de estos minerales, si bien genera un importante movimiento económico para el país, produce un impacto ecológico que aún no ha sido determinado. Las unidades mineras vuelcan sus residuos en los ríos próximos que confluyen en la cuenca del río Cañete que en su parte alta comprende un sector de la RPNYC.

En la RPNYC en el sector correspondiente a la cuenca del Nor Yauyos existen 70 concesiones mineras metálicas y 04 no metálicas.

De acuerdo al Plan Maestro de la RPNYC 2006 - 2010, en el sector correspondiente al río Cañete – sector Yauyos se encuentran las siguientes minas que se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32

Unidades y/o proyectos mineros en el área de estudio

Unidad Minera	Ubicación
Yauricocha	Distrito de Alis
Solitaria	Distrito de Laraos
La Calera	Tinco Alis, Alis
El Yauyinazo	Anexo de Piños, Miraflores.
Minas de carbón	Llapay y Alis

Fuente: Plan Maestro de la RPNYC 2006 – 2010.

Figura 23

Mina artesanal de carbón en Yauyos (Cañete)



Fuente: Plan Maestro de la RPNYC 2006 – 2010.

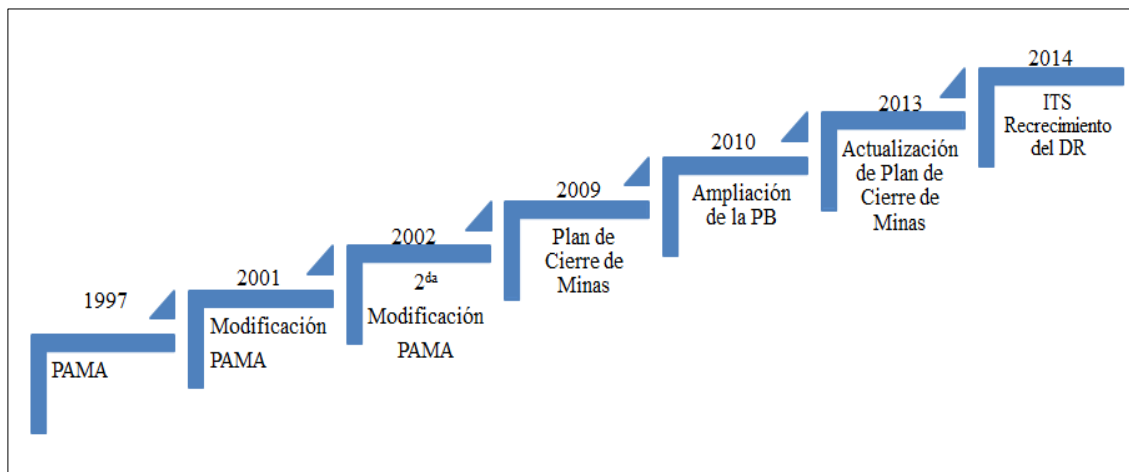
Unidad Minera Yauricocha. Unidad Acumulación Yauricocha, era de propiedad de CENTROMIN Perú, ahora pertenece a Sociedad Minera CORONA S.A. (SMCSA) que fue constituida el 26 de abril de 1993 y pertenece al Grupo Económico Sierra Metals. Se dedica a la explotación de minerales polimetálicos con valores de cobre, plomo, plata y zinc. Y también opera su planta concentradora “Chumpe”. Esta mina incluye ocho sectores: Mina Central, Chumpe, Cachi Cachi, Éxito, El Paso, Ipillo, Yauricocha y Florida. La unidad de producción Yauricocha se encuentra ubicada en la cabecera de cuenca del río Cañete, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes. Comprende la subcuenca de la ex laguna Yauricocha – quebrada Chumpe, que están conformadas por las lagunas Uñascocha y Accococha, la ex laguna Yauricocha y la quebrada Chumpe.

La UM Yauricocha tiene una planta de procesamiento con capacidad para 1350 TMD mediante el sistema de flotación y se dedica a la explotación de polimetálicos con valores de cobre, plomo, zinc y plata. Los relaves producidos se depositan en la ex laguna Yauricocha, y parte del agua de mina tratada es vertida al riachuelo Chumpe, el cual desemboca en el río

Tinco. En la Figura 24 se presenta la línea de tiempo correspondiente a sus instrumentos de gestión ambiental.

Figura 24

Línea de tiempo de los instrumentos de gestión ambiental de Yauricocha



Nota. PAMA: Programa de Adecuación y Manejo Ambiental. PB: Planta de Beneficio. ITS: Informe Técnico Sustentatorio. DR: Depósito de Relave.

Unidad Minera Solitaria

La Unidad Minera Solitaria, se ha desarrollado en los yacimientos de la mina conocida anteriormente como Mina Satanás, de ello hace unos 50 años, cuando era explotada por pequeños productores que comercializaban sus productos a la empresa minera Cerro de Pasco Corporación. Luego, en 1975, los titulares de las concesiones mineras: Satanás, Solitaria I y otros derechos que constituyen la unidad minera celebraron contrato con Compañía Minera Chavín S.A. que desarrolló investigaciones y preparación de las actividades de explotación, así como el proyecto de la planta concentradora a 100 T/d. En 1980, surgieron problemas legales hasta que, en 1989, la Compañía Minera Pacocha S.A. inicia la explotación del yacimiento mediante minado subterráneo y la planta mediante flotación. Los relaves de dicha Planta Concentradora eran acumulados a 100 m. al NE del actual depósito de relave, en la laguna Pacocha (microcuenca Pacocha). En 1991, Compañía

Minera Pacocha S.A., realizó una segunda cesión a favor de CENTROMIN, inició la explotación a cielo abierto del depósito y paralizó la planta concentradora, la cual fue desmantelada. El mineral que se producía fue transportado hasta la planta Chumpe de la Unidad de Producción Yauricocha, por lo que, en este periodo no se depositaron relaves en la microcuenca Pacocha. Esta segunda sesión fue objetada por los titulares de los derechos mineros y entablaron un juicio en contra de Compañía Minera Pacocha S.A., el cual se resolvió mediante un arbitraje que favoreció a los titulares de los derechos mineros. En esta época también se dio una recomposición de las participantes en las empresas titulares de los derechos mineros. El 14 de febrero de 1993, los nuevos titulares forman la Compañía Minera San Valentín S.A. con el fin de explotar el depósito. Compañía Minera San Valentín S.A. construye la planta de beneficio San Pedro con capacidad para procesar 250 TMD, de mineral y producir concentrados de cobre, plomo y zinc. Esta planta entró en operación en junio de 1995, tratando inicialmente 200 TM/día de mineral. Se construyó el depósito de relaves San Pedro aguas arriba de la laguna Pacocha y se ha venido trabajando hasta la fecha.

La Unidad Minera “Solitaria” realiza operaciones de explotación de los yacimientos polimetálicos de cobre, zinc y plomo mediante minado subterráneo y de beneficio de este mineral en su planta “San Pedro” de donde se obtendrán sus productos finales comercializables.

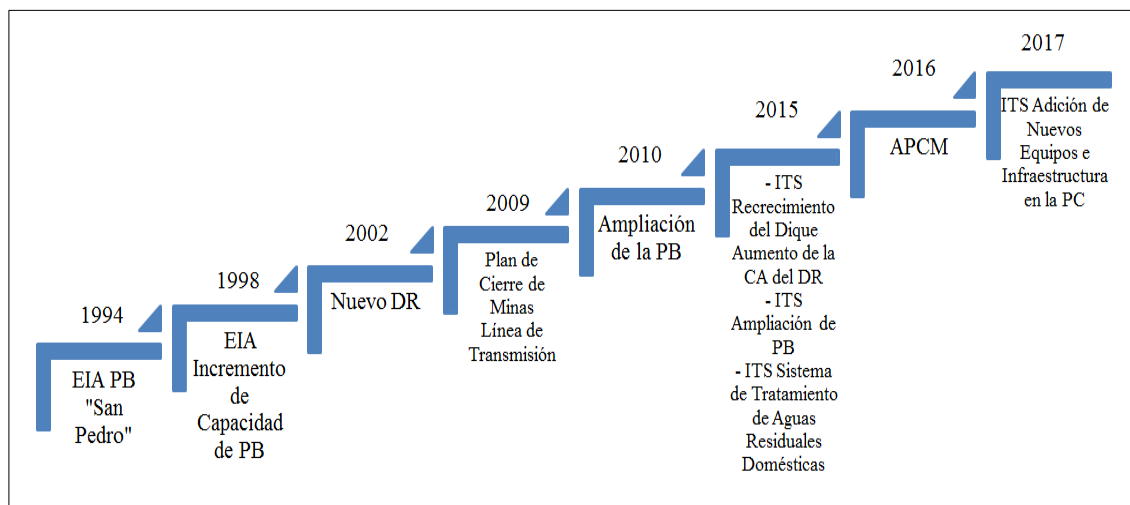
La explotación se desarrolla en depósitos metasomáticos de contacto (frontal), en la cual la mineralización está entre el contacto piso con rocas intrusitas de la monzonita cuarcífera, rocas hornfels (Formación Casapalca) producto de ello se tiene también un halo de rocas alteradas (skarn de fierro), y hacia el techo con calizas de Formación Jumasha y al Sur con margas arenáceas (silicifadas) de la Formación Celendín. El yacimiento consiste de un relleno de fracturas en los espacios abiertos favorables a lo largo de la falla “San Valentín” en donde se forman cuerpos y/o lentes mineralizados de formas alargadas algo discontinuas.

La mineralización es polimetálica con minerales de mena como son: esfalerita marrón, marmatita, galena, galena – argentífera, calcopirita y como ganga: granates (grosularia, andradita), especularita, oligisto, hermética, magnetita, siderita, etc., del cual su principal es la esfalerita.

Los cuerpos más característicos son: Solitaria (Norte y Sur), Cobriza, San Valentín, Brenda, Santa Clara, Paola, Elizabeth y Pamela; cada uno de estos tienen sus características mineralógicas que influyen en el proceso metalúrgico. Metalogénicamente, la mina se ubica al sur del lineamiento Yauricocha – San Valentín. La línea de tiempo correspondiente a sus instrumentos de gestión ambiental se presenta en la Figura 25.

Figura 25

Línea de tiempo de los instrumentos de gestión ambiental de San Valentín



Nota. EIA: Estudio de Impacto Ambiental. PB: Planta de Beneficio (PC: Planta Concentradora). DR: Depósito de Relave. ITS: Informe Técnico Sustentatorio. Fuente: <http://www.minem.gob.pe>.

En un estudio realizado por la ONERN 1970, se indica que, en las aguas fluviales, los elementos tóxicos como el fierro, manganeso, plomo y cadmio se encuentran en concentraciones superiores a los límites permisibles. Estos contaminantes entre ellos: el fierro

y zinc provienen de las actividades mineras, además, que las concentraciones de plomo, cadmio, zinc y fierro disminuyen aguas abajo, mientras que la del cobre aumenta.

IV. Resultados

4.1. Calidad biológica actual

4.1.1. Resultados del muestreo de macroinvertebrados

En forma general, se presentan los resultados obtenidos en las diez (10) estaciones de muestreo ubicadas en el área de estudio. La composición total de la comunidad estuvo representada por 128 organismos en 17 especies, las cuales están clasificadas en 5 clases, 14 familias y 17 géneros. La composición de especies estuvo constituida por dos phylas: Arthropoda (organismos articulados) que encarnan más del 95.3% del total de individuos con 15 especies y Annelida (gusanos) que representa el 4.7% con solamente 02 especies. El listado taxonómico del macrobentos registrado en el área de estudio es el siguiente (Tabla 33).

Tabla 33

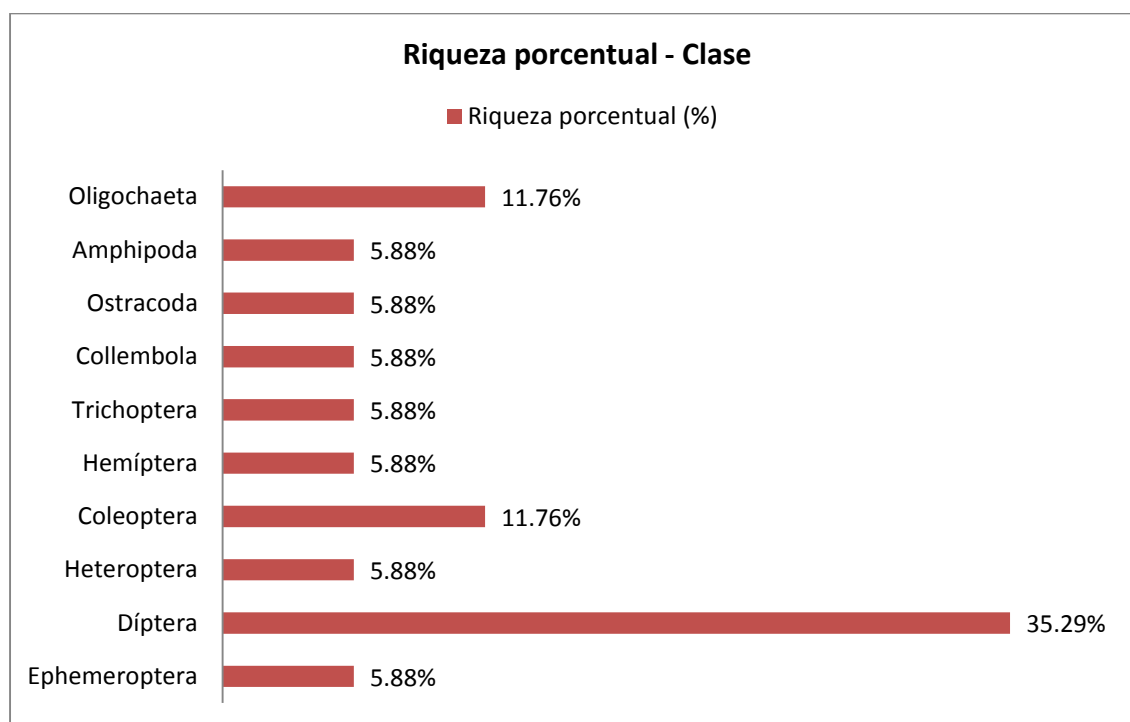
Listado taxonómico de macroinvertebrados bentónicos registrados en el área de estudio

Ítem	Clasificación Taxonómica					Total
	Filo	Clase	Orden	Familia	Género/Especies	
1	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Andesiops sp.	28
2	Arthropoda	Insecta	Díptera	Chironomidae	Chironomidae no det.	4
3	Arthropoda	Insecta	Díptera	Chironomidae	Orthocladiinae no det.	31
4	Arthropoda	Insecta	Díptera	Chironomidae	Pentaneura sp.	3
5	Arthropoda	Insecta	Díptera	Chironomidae	Tanytarsus sp.	1
6	Arthropoda	Insecta	Heteroptera	Corixidae	Ectemnostegella sp.	5
7	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Hydroporinae (Tribu Bidessini no det.)	1
8	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Austrelmis sp.	2
9	Arthropoda	Insecta	Díptera	Empididae	Neoplasta sp.	1
10	Arthropoda	Insecta	Hemíptera	Hebridae	Gerromorpha no det.	1
11	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	Metrichia sp.	1
12	Arthropoda	Insecta	Díptera	Simuliidae	Simulium sp.	1
13	Arthropoda	Collembola	Collembola	Poduridae	Poduridae no det.	1
14	Arthropoda	Ostracoda	Ostracoda	Ostracoda	Ostracoda no det.	2
15	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella sp.	40
16	Annelida	Oligochaeta	Oligochaeta	Lumbriculidae	Lumbriculidae no det.	2
17	Annelida	Oligochaeta	Oligochaeta	Naididae	Nais sp.	4
Número de especie (Riqueza)						17
Número de individuos (Abundancia)						128

A nivel de orden taxonómico se encontró mayor porcentaje de dípteras del (35,29%), seguida en la misma proporción por *coleóptera* y *oligochaeta*. A nivel de familia, existe una predominancia de la familia *Chironomidae* y *Baetidae*. Figura 26.

Figura 26

Riqueza porcentual por clase taxonómica

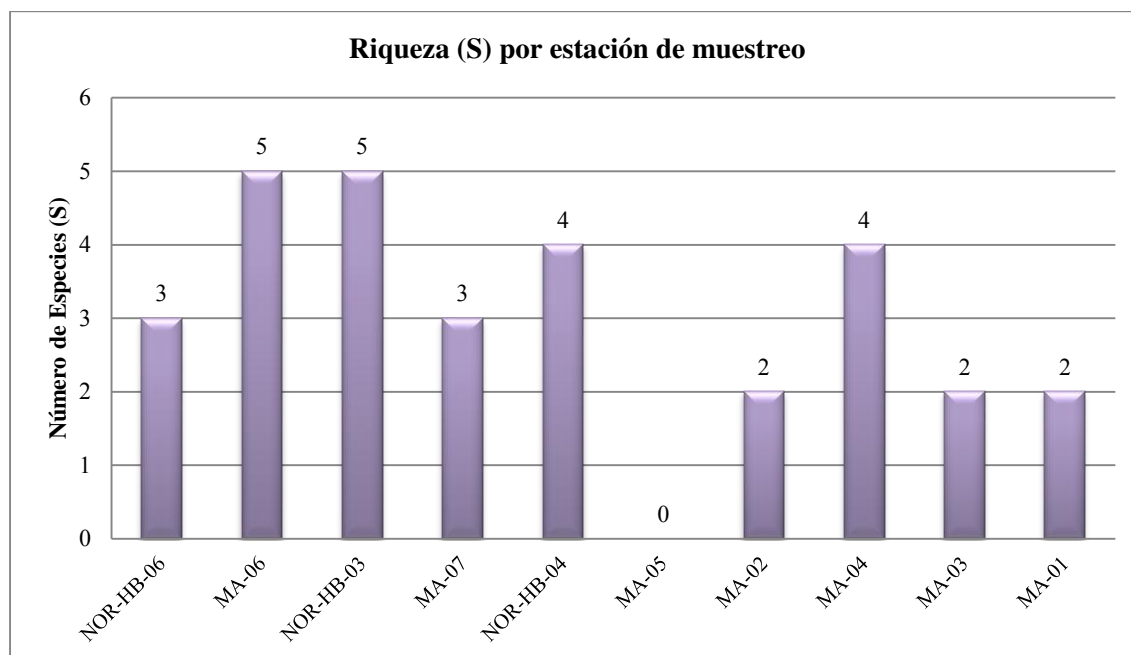


4.1.2. Cálculo de índices de diversidad biológica

Análisis de Riqueza. Del análisis de riqueza taxonómica registrada en las estaciones se determinó que la riqueza fluctuó entre 2 y 5 especies, donde los ambientes mejor representados fueron: MA-06 (quebrada Untush) y NOR-HB-03 (Huancaya), ambas con 5 especies. Ver Figura 27.

Figura 27

Riqueza de especies (S) de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo



En cinco (05) estaciones de muestreo se han encontrado especies de la familia *Chironomidae* (*Arthropoda: Diptera*), se debe recalcar que esta familia es considerada una de las más tolerantes a la materia orgánica; también, en tres estaciones se ha presentado la especie *Andesiops sp.* (*Arthropoda: Ephemeroptera*), siendo este orden, un indicador de condición buena del cuerpo de agua.

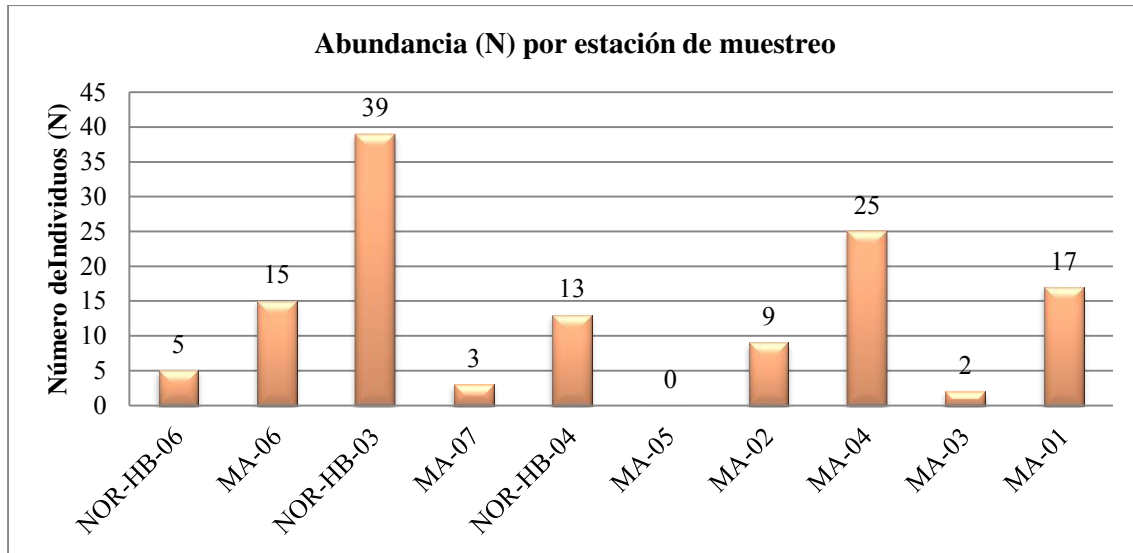
Con respecto a la abundancia de organismos macrobentónicos, durante la época húmeda, se ha registrado entre 2 y 39 organismos, siendo el último muestreo el que presentó mayor abundancia y tuvo lugar en la estación NOR-HB3 (quebrada Uco - Huancaya), seguido de MA-04 (quebrada cercana al área de influencia de la U.M. San Valentín) que contó con 25 organismos.

Análisis de Abundancia. Las especies más abundantes en los ambientes evaluados fueron: la familia *Hyaellidae* (*Arthropoda: Amphipoda*) con 40 individuos, seguida de la familia *Chironomidae* (*Arthropoda: Diptera*) con 39 individuos y, por último, por la

Andesiops sp de la familia *Baetidae* (*Arthropoda: Ephemeroptera*) con 28 individuos, la cual es indicadora de una buena condición ecológica del agua. Figura 28.

Figura 28

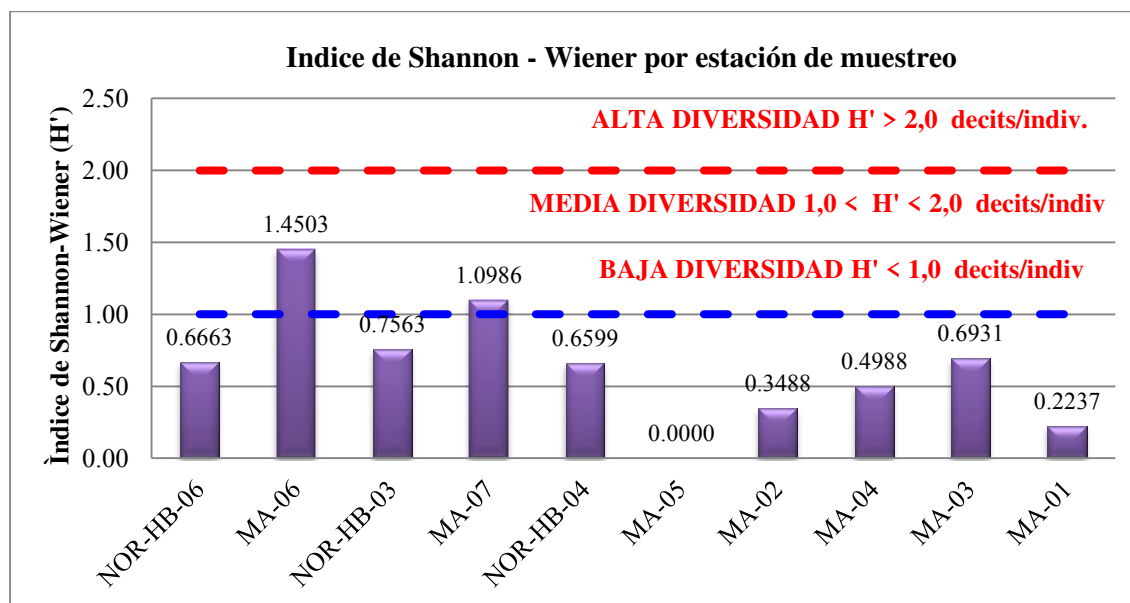
Abundancia (N) de los macroinvertebrados bentónicos por estaciones de muestreo



Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). El índice obtenido en forma general considerando los resultados de todas las estaciones es de 1.93 decits/individuos que reflejan una diversidad media. Los valores del índice fluctuaron entre $H' = 0,223$ decits/individuos (MA-01: Río Cañete, a la salida de la Subcuenca Medio Alto Cañete) que lo califica como escasa diversidad y $H' = 1,45$ decits/individuos (MA-06, quebrada Untush aguas arriba de Vilca, dentro de la Subcuenca Alto Cañete) que lo califica como de media diversidad. Figura 29.

Figura 29

Valores del índice de diversidad de Shannon (H') en las estaciones de muestreo

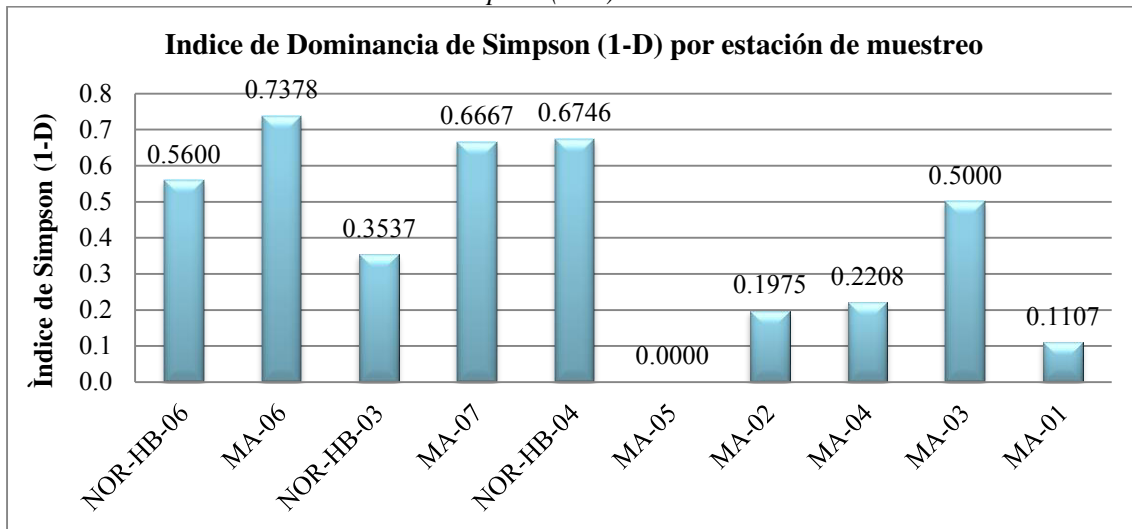


Índice de riqueza de Margalef (DMg). El índice obtenido en forma general considerando los resultados de todas las estaciones es de 3.297 que reflejan una riqueza media. Los valores obtenidos fluctuaron entre $DMg = 0.3529$ y $DMg = 1.82047$, calificando a todas las estaciones evaluadas como ambientes de poca riqueza.

Índice de dominancia de Simpson (1-D). El índice obtenido en forma general considerando los resultados de todas las estaciones es de 0.7906 que reflejan una dominancia. Los valores fluctuaron entre 0,110727 (MA-01, río Cañete antes de la confluencia con el río Huantán) y 0,73778 (MA-06, quebrada Untush). Asimismo, los bajos valores del índice de dominancia de Simpson (1-D) estuvieron relacionados a la dominancia de la especie *Andesiops sp.* (Ephemeroptera) y la especie *Chironomus sp.* (Diptera). Figura 30.

Figura 30

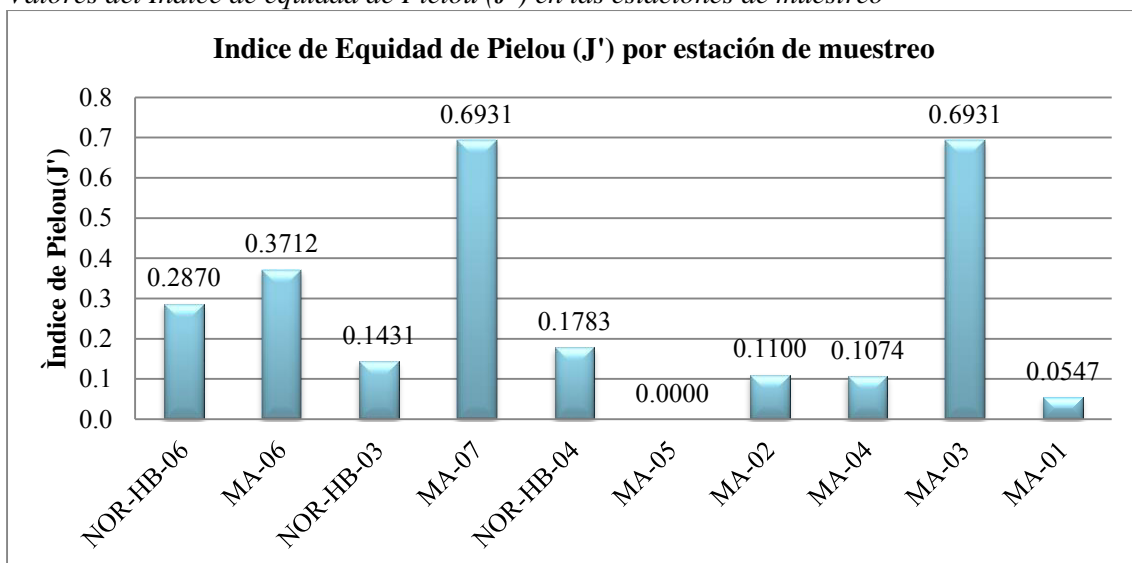
Valores del índice de dominancia de Simpson (1-D) en las estaciones de muestreo



Índice de equidad de Pielou (J'). El índice (J') promedio, obtenido al considerar los resultados de todas las estaciones es de 0.276 que reflejan una distribución heterogénea de especies. El menor valor es de 0.054 que se obtuvo en la estación MA-01 y el mayor valor se obtuvo en las estaciones MA-03 y MA-07 de 0.6931 resultados demostraron que entre los ambientes evaluados no hay distribución homogénea o equitativa de los organismos macrobentónicos. Figura 31.

Figura 31

Valores del Índice de equidad de Pielou (J') en las estaciones de muestreo



En la Tabla 34 se presentan los índices de diversidad, riqueza, dominancia y equidad calculados en base a la información obtenida de cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 34

Índices de diversidad, dominancia y equidad en las estaciones de muestreo

Estación de Muestreo / Índice	Shanon-Wiener (H')	Margalef (D)	Simpson (1-D)	Pielou (J')
NOR-HB-06	0,6663	1,2427	0,5600	0,4204
MA-06	1,4503	1,4771	0,7378	0,6246
NOR-HB-03	0,7563	1,0918	0,3537	0,3257
MA-07	1,0986	1,8205	0,6667	0,6931
NOR-HB-04	0,6599	1,1696	0,6746	0,3300
MA-05	S.R.	S.R.	S.R.	S.R.
MA-02	0,3488	0,4551	0,1975	0,3488
MA-04	0,4988	0,9320	0,2208	0,2494
MA-03	0,6931	1,4427	0,5000	0,6931
MA-01	0,2237	0,3530	0,1107	0,2237
Promedio Global	1,9309	3,2976	0,7906	0,4724
Interpretación	Escasa - Media diversidad	Baja diversidad	Baja – Media Dominancia	Baja a Media – Equidad

Nota. S.R.: Sin registro.

4.1.3. Cálculo de índices bióticos

Los índices bióticos, son valores cuantitativos que se obtienen a partir de la cantidad de macroinvertebrados bentónicos registrados en cada una de las estaciones de muestreo hasta el nivel de familia, la calidad biológica del agua depende del valor obtenido de organismos bentónicas, cuanto mayor sea el número de estos organismos el índice de calidad del agua será mayor, los resultados de la aplicación de los valores de tolerancia para cada una de las metodologías se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35

Índices de bióticos calculados en las estaciones de muestreo – magnitudes e interpretación de la calidad biológica del agua

Estación de Muestreo / Índice	Índice EPT	Índice IBF	Índice BMWP	Índice ABI
NOR-HB-06	20% - Mala	6,8 - Mala	36 - Dudosa	27 - Regular
MA-06	7%- Mala	6,47 - Mala	89,00-Aceptable	71,00 - Buena
NOR-HB-03	0 - Mala	7,87 - Mala	230 - Buena	199 – Muy bueno
MA-07	0 - Mala	8,00 - Mala	9,00– Muy crítica	8,00 - Pésimo
NOR-HB-04	23% - Mala	6,23% - Mala	43 - Dudosa	34 – Regular
MA-05	S.R.	S.R.	S.R.	S.R.
MA-02	89% - Muy buena	4,00 - Buena	62,00 - Aceptable	37 – Regular
MA-04	0 - Mala	6,92 - Mala	58,00 - Dudosa	56,00 - Buena
MA-03	0 - Mala	7,00 - Mala	11,00 – Muy crítica	5 – Muy mala
MA-01	94% - Muy buena	4,00 - Buena	118 - Buena	69 - Buena
Promedio Global	23% - Mala	6,48 - Mala		

Nota. S.R. Sin registro.

En la estación MA-05, no se registraron especies durante el muestreo y en la muestra que fue analizada en el laboratorio no se identificaron organismos macroinvertebrados, por lo que no se calcularon los índices de diversidad, riqueza, equidad y dominancia. Así como tampoco se ha calculado el índice biótico.

El muestreo se realizó en el mes de marzo que corresponde al último mes de la temporada húmeda, por ello, se debe considerar el efecto del arrastre de organismos y el lavado del cauce (hábitats). La no presencia de organismos en la estación de muestreo MA-05 se puede deber a la velocidad del agua que se relaciona a la pendiente del terreno.

4.1.4. Resultados del muestreo físico-químico y microbiológico

Se ha determinado la calidad de agua mediante los ECA para agua, categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” y la categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático – ríos costa y sierra” siguiendo lo establecido en la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA.

Respecto a la calidad del agua evaluada por el cumplimiento de los ECA Agua basta que solo un parámetro físicoquímico o microbiológico supere los valores estándar establecidos para determinar su contaminación. En las siguientes páginas se presentan los resultados obtenidos:

Parámetros de campo

Temperatura. Desde el punto de vista microscópico, es una medida de la energía cinética asociada al movimiento aleatorio de las partículas que componen el sistema (Osorio y Céspedes, 2000). Afecta tanto los procesos físicos (volatilización, solubilidad de sales y gases, estratificación de estanques), como los procesos químicos (pH, equilibrio de ionización, velocidad de reacción).

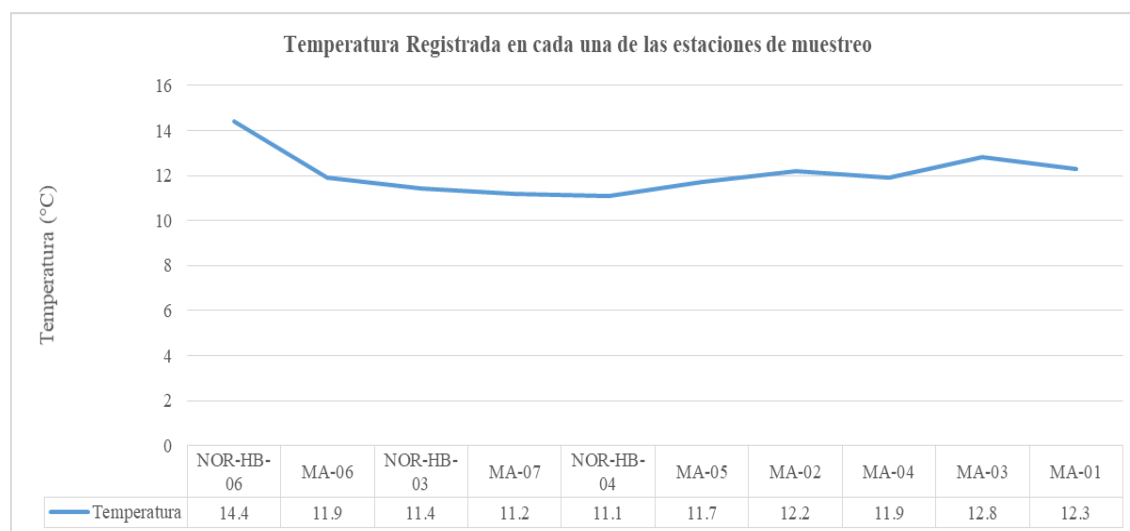
Influye sobre la solubilidad de los metales, gases y sales; afecta la fisiología de los macroinvertebrados bentónicos y determina su distribución espacial y temporal, se considera que los organismos bentónicos están adaptados al rango de la temperatura en que viven.

La temperatura promedio obtenida en cada una de las estaciones de muestreo varían desde 11.1 hasta 14.4 °C en las estaciones NOR-HB-04 y NOR-HB-06, respectivamente.

Figura 32.

Figura 32

Temperatura media (°C) en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Potencial hidrógeno (pH). El pH es un parámetro muy importante porque ejerce gran influencia sobre la distribución y abundancia de los organismos macroinvertebrados bentónicos; la disminución del pH incide en la disponibilidad de los metales pesados tales como el cobre, hierro, zinc y la abundancia en la toxicidad por el amonio no ionizado, entre otros.

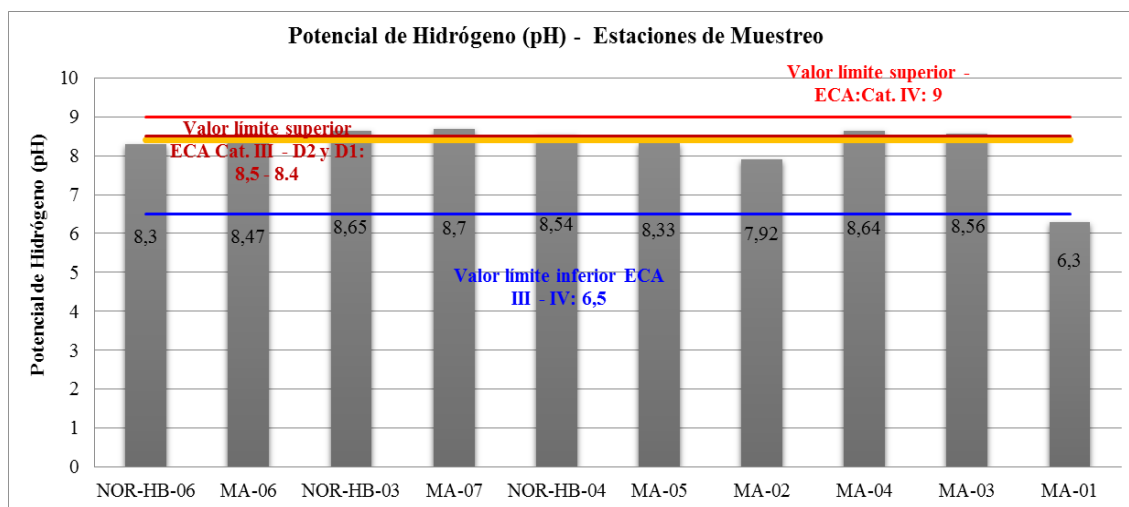
El pH del agua es resultado del equilibrio carbónico y a la actividad fisiológica de los microorganismos acuáticos. La disolución de CO_2 en el agua y su efecto sobre los carbonatos y bicarbonatos, alteran el pH del agua. Los organismos eucariontes autótrofos como las plantas y las algas realizan la actividad fotosintética que tienen un comportamiento contrario a la respiración de los organismos heterótrofos, los primeros reducen el contenido de CO_2 disuelto de un agua y esta se torna ácida, mientras los organismos heterótrofos producen CO_2 causando un efecto contrario con respecto al pH medido, es decir aumenta la alcalinidad.

El pH del agua se determina evaluando el número de iones presentes en el agua, cuando el número de iones Hidrógeno (H^+), exceden al número de iones hidróxidos (OH^-) el agua es ácida < 7 , cuando el número de iones Hidróxidos (OH^-) exceden al número de iones Hidrógeno (H^+) es Básica > 7 y neutra $= 7$ cuando el número de iones Hidrógeno (H^+), es igual al número de iones Hidróxidos (OH^-) la sustancia es neutra.

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo de los valores límites establecidos en el ECA, con excepción del parámetro pH de 6,3 en la estación MA-01 y en las estaciones NOR-HB-03 y NOR-HB-04 con 8,65 y 8,54, respectivamente y las estaciones MA-03, MA-04 y MA-07 con 8,56; 8,64 y 8,7; respectivamente. Figura 33.

Figura 33

Potencial hidrógeno (pH) en las estaciones de muestreo



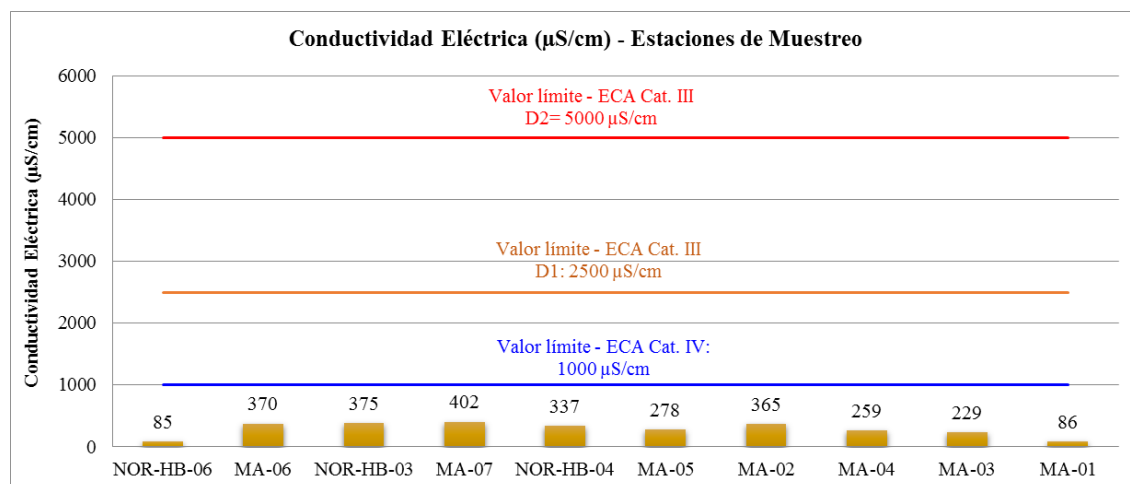
Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La conductividad es una medida de la capacidad del agua de conducir una corriente eléctrica. Es sensible a las variaciones de sólidos disueltos, principalmente de sales minerales; para un cuerpo de agua en específico, se relaciona con los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios (Chapman, 1992). La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a los 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$; aunque, por supuesto depende del tipo de geología (Australian and New Zealand Environment Conservation Council [ANZECC], 2000). Su importancia radica en que permite verificar en forma rápida la variación del contenido de sales disueltas en aguas superficiales y estimar cuantitativamente los sólidos totales disueltos.

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo de los valores límites establecidos en el ECA Categoría 3: Riego de Vegetales (D1) y Bebida de Animales (D2) y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático - Ríos. Figura 28.

Figura 34

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Oxígeno disuelto (mg/L). El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes para la vida acuática y la ecología de los ríos, el nivel de concentración indica la calidad del agua, cuando hay falta denota la existencia de contaminación. Puede ser removido o agregado al agua por varios procesos fisicoquímicos o reacciones biológicas. Cuando las concentraciones de oxígeno caen debajo del nivel de saturación, el déficit se compensa por la transferencia de gas desde la atmósfera a través de la superficie y cuando las concentraciones son superiores al nivel de saturación, la sobresaturación se reduce por la transferencia desde la columna de agua al aire (Beita, 2008).

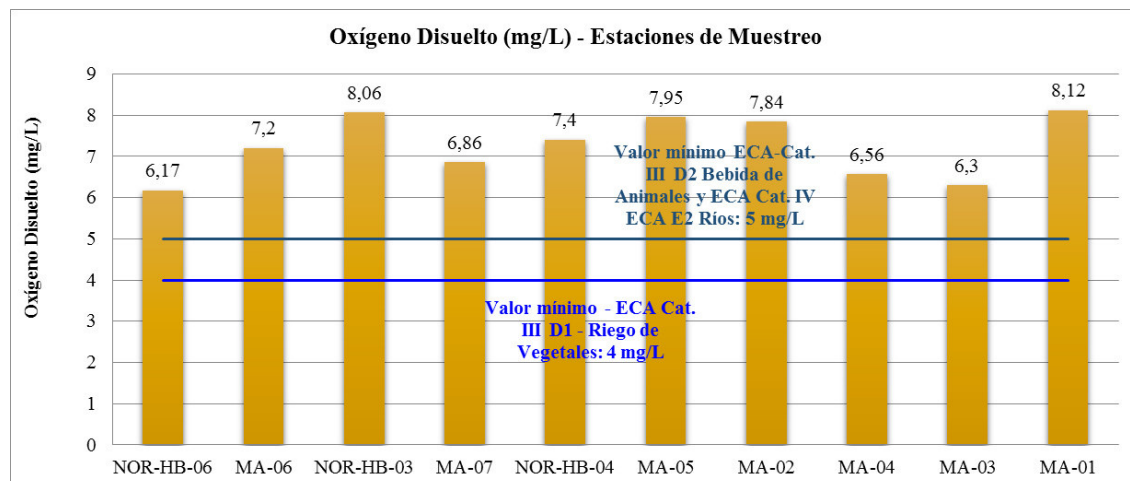
Según (Lopes, 2005) las interacciones de oxígeno son controladas por la diferencia de las presiones parciales en la fase gaseosa y de las concentraciones en la fase líquida. La transferencia de oxígeno en aguas naturales depende de la mezcla interna y la turbulencia debido a los gradientes de velocidad y a las fluctuaciones, temperatura, viento, cataratas, pantanos, rápidos y películas superficiales.

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por encima de los valores mínimos establecidos en los ECA agua - Categoría 3 tanto para Riego de Vegetales

(D1) y Bebida de Animales (D2) y para Conservación del Ambiente Acuático ríos – Categoría 4. Figura 35.

Figura 35

Oxígeno disuelto (mg/L) en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

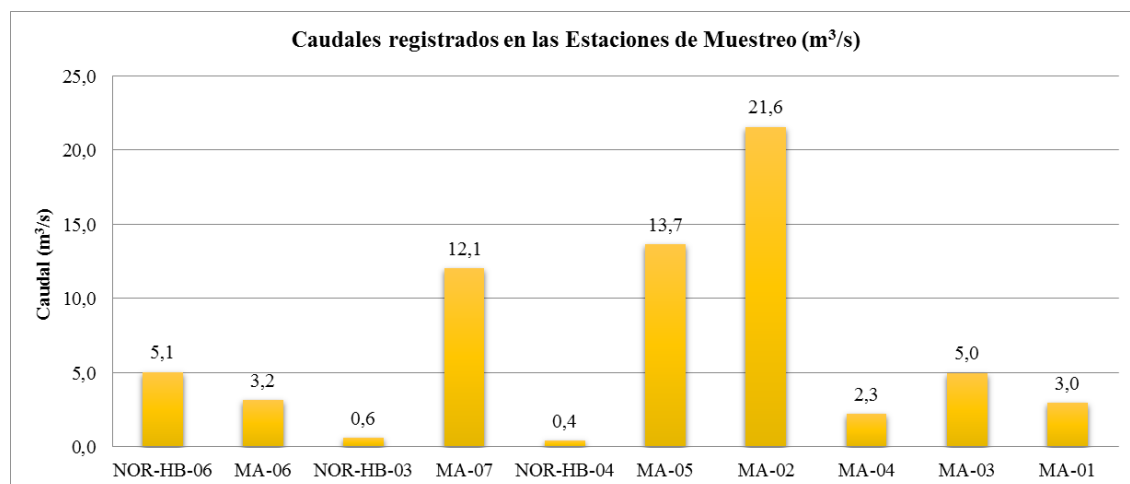
Caudales (m^3/s). Los caudales influyen en la concentración de los elementos, para una cantidad dada, a mayor caudal menor concentración de metales totales por el efecto de disolución del agua. Figura 36.

Las descargas máximas y mínimas mensuales y anuales registradas del río Cañete, han sido de $850 m^3/s$ y $5,80 m^3/s$ respectivamente, con una media anual aproximada de $50.71 m^3/s$. El 69% de la masa total anual fluye (descarga) durante los meses de diciembre a marzo disminuyendo durante los meses de junio a noviembre (12%).

Estos valores están relacionados con los altos volúmenes de precipitación sobre la cuenca, dada la comprobada relación precipitación – altitud, es decir, que existe una eficaz contribución de lluvia sobre la cuenca del río Cañete.

Figura 36

Caudales registrados en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Parámetros físico – químicos

Cianuro total (mg/L). El cianuro presente en agua puede ser producto de las descargas que se efectúan sobre el cauce del río en algunos procesos que se realizan en la actividad minera; en cantidades pequeñas por la escorrentía y por partículas sólidas sedimentables transportadas por el viento; el cianuro se mantiene inmovilizado en los sedimentos del lecho del cauce, constituyendo un riesgo potencial.

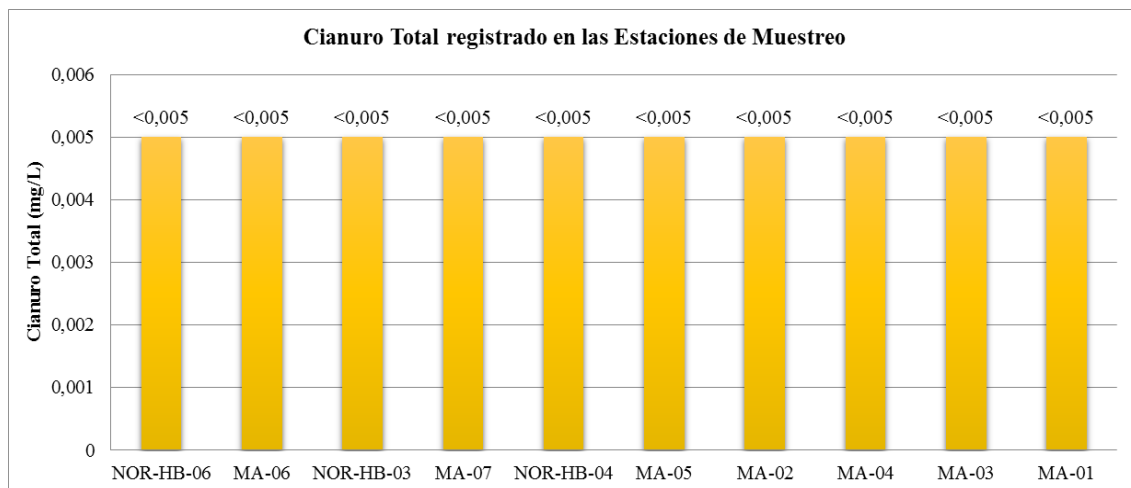
Por acción de los vientos y corrientes, el cianuro entra en circulación al ser transportado en suspensión, especialmente, cuando los sedimentos contienen gran cantidad de materia orgánica y se encuentran en estados anaeróbicos. El cianuro liberado presente en el agua se transforma en ácido cianhídrico (HCN) por reacción con los iones H_3O^+ (pH < 8,0), que posteriormente puede volatilizarse y dispersarse en el aire; una parte del cianuro que se encuentra en el agua superficial se evaporará, otra ingresará a los microorganismos y plantas, siendo modificado al formar complejo con metales (Shehong y Baoshan, 2000).

En los ECA Agua no se presenta un valor límite para este parámetro para la categoría 3 correspondiente a Riego de Animales y Bebida de Vegetales y la categoría 4

correspondiente a conservación del ambiente acuático. Posiblemente, se encuentran inmovilizados en los sedimentos. Figura 37.

Figura 37

Cianuro total registrado en las estaciones de muestreo



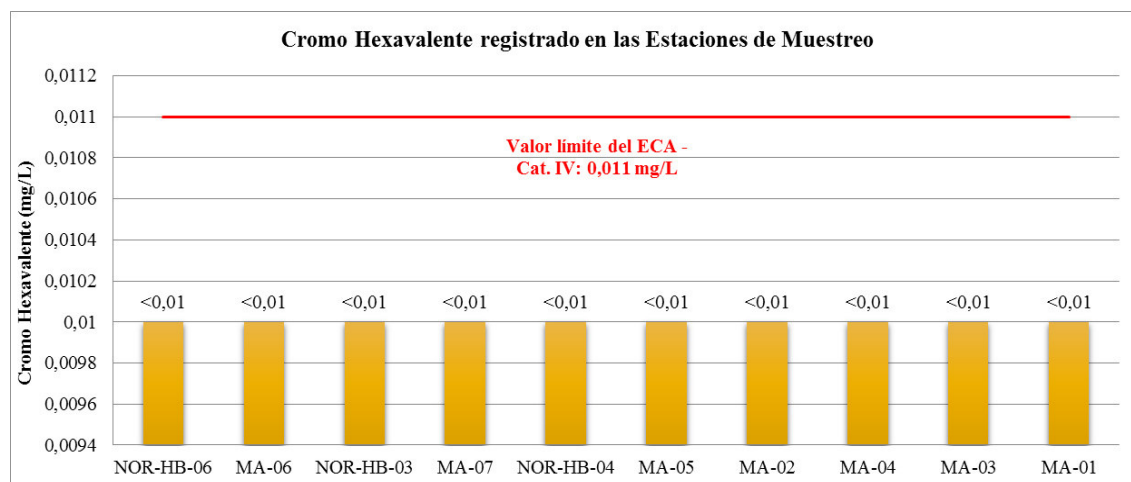
Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Cromo hexavalente (mg/L). El cromo es un metal pesado de origen litogénico, debido al meteorismo, erosión eólica y pluvial, se encuentra, en el suelo, agua y seres vivos en concentraciones variables, el viento y las precipitaciones pluviales lo transportan al cauce del río. Los derivados del cromo hexavalente son resultado de las actividades antropogénicas, principalmente por la minería; en altas concentraciones es tóxico para los organismos vivos.

Los valores registrados se encuentran por debajo del valor límite establecido en el ECA - categoría 4 correspondiente a conservación del ambiente acuático (0.011 mg/L). Figura 38.

Figura 38

Cromo hexavalente registrado en las estaciones de muestreo



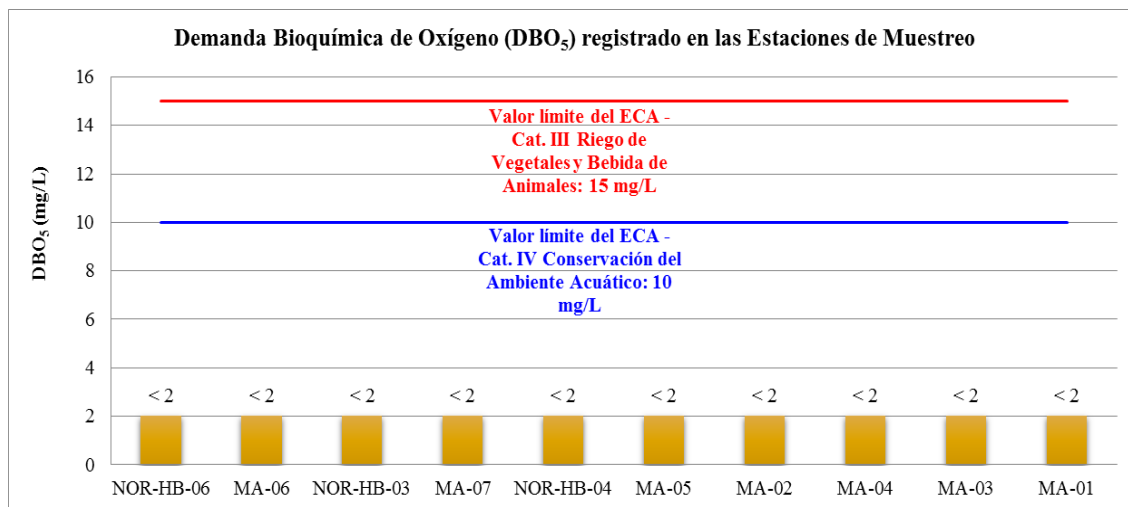
Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Mide la cantidad de dióxígeno consumido por los microorganismos (especialmente bacterias), al degradar la materia orgánica de una muestra líquida en suspensión. Se emplea para medir el valor de degradación del agua en la muestra, permite conocer la cantidad de materia orgánica presente en el cuerpo de agua y el resultado se indica en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/L). El análisis de la muestra se realiza en forma estándar y a temperatura constante (20° C) durante 5 días.

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo de los valores mínimos establecidos en el ECA agua Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales y Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – Ríos. Figura 39.

Figura 39

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) registrado en las estaciones de muestreo



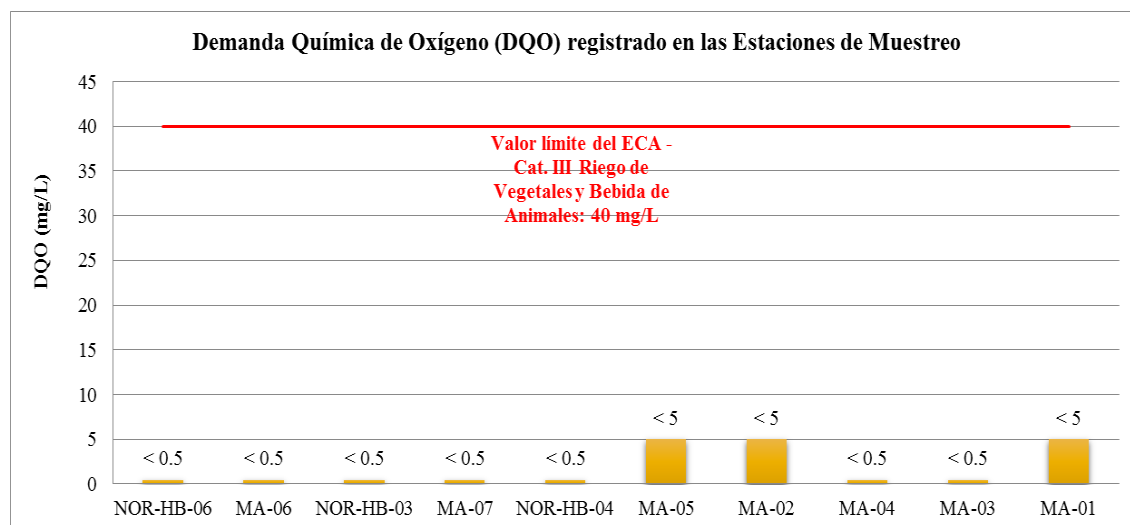
Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Demanda química de oxígeno (DQO). Mide la cantidad de oxígeno necesario, para oxidar sustancias orgánicas apropiadas para ser oxidadas por medios químicos, que están disueltas o en suspensión en una muestra líquida y convertirla en dióxido de carbono y agua. Se utiliza para determinar el grado de contaminación del líquido y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/L). La demanda química de oxígeno (DQO) está en relación directa a la contaminación de la muestra será mayor cuanto más contaminada se halle está.

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del valor establecido en el ECA Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de Animales. Figura 40.

Figura 40

Demanda Química de Oxígeno (DQO) registrado en las estaciones de muestreo



Nota. Elaborado en base a los informes de ensayo.

Diferencia entre la DQO y la DBO₅. La diferencia reside en que la DBO₅ expresa los gramos o miligramos de oxígeno requeridos por la degradación biológica de la materia orgánica; en cambio, la DQO expresa la cantidad de oxígeno necesario para la degradación química de la materia orgánica, siendo el valor de esta última superior al de la DBO₅, en razón de que una gran cantidad de materia orgánica pueden degradarse químicamente pero no biológicamente.

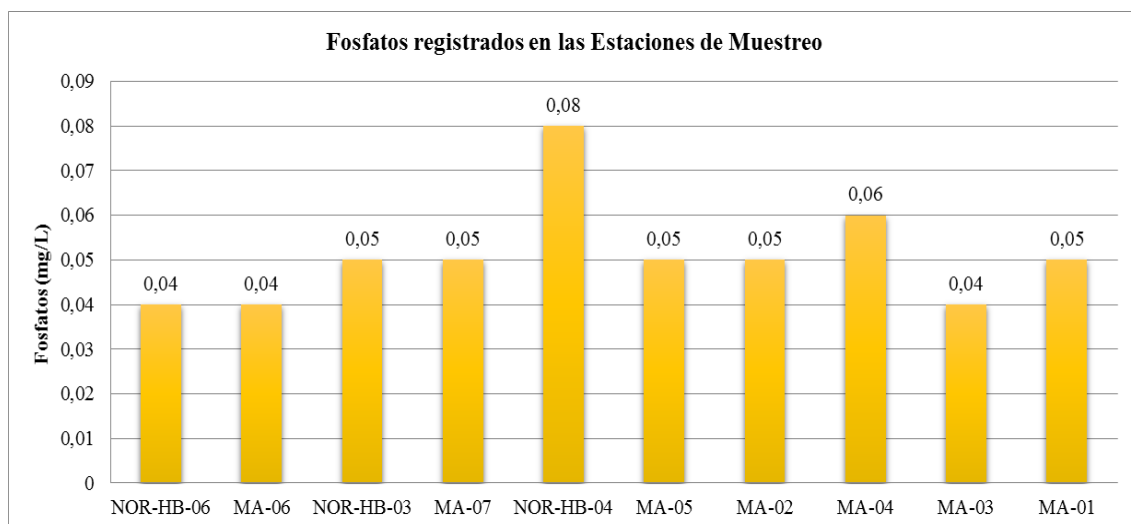
Concentración de fosfatos. El fósforo se puede encontrar en forma de fosfatos, en la ceniza volcánica, los aerosoles, el polvo mineral, transportados por el agua de escorrentía, el viento y actividades antropogénicas a las aguas fluviales. Los fosfatos se clasifican en ortofosfatos, polifosfatos o fosfatos orgánicos. Generalmente, suelen presentarse en forma de disolución, aunque también pueden estar presentes en forma de partículas granuladas, constituyendo esta cifra entre un 5%-15 % del total (Marín, 2003). El ion fosfato con frecuencia actúa como un fertilizante del crecimiento de algunas especies de algas; a mayor cantidad de fosfatos (PO⁴⁻) en el agua habrá mayor cantidad de algas, la presencia excesiva de algas por la abundancia de fosfatos afecta al contenido de oxígeno presente en el agua. El

incremento de algas genera un gran consumo de oxígeno, la disminución de este elemento conduce a su escasa disponibilidad y competencia, lo que conlleva al agotamiento del oxígeno y muerte de algas y descomposición de algas que sirven de alimento a las bacterias, y como consecuencia de ello a la eutrofización.

No se presentan valores límites para este parámetro en los ECA Agua de la categoría 3 y la categoría 4 correspondiente a Riego de Animales y Bebida de Vegetales y Conservación del Ambiente Acuático, respectivamente. Figura 41.

Figura 41

Concentración de fosfatos registrado en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Nitratos. La presencia de nitratos (NO_3^-) de origen natural en las aguas, proviene del proceso de percolación del agua a través de la roca y minerales, originando su disolución, así como por la descomposición de materia orgánica y actividades antropogénicas y son transportados por los ríos en forma soluble y particulada; existe una fuerte correlación entre las cargas de nitrógeno en los ríos con el uso de la tierra, y especialmente con las prácticas agrícolas (Moreau et al., 1998).

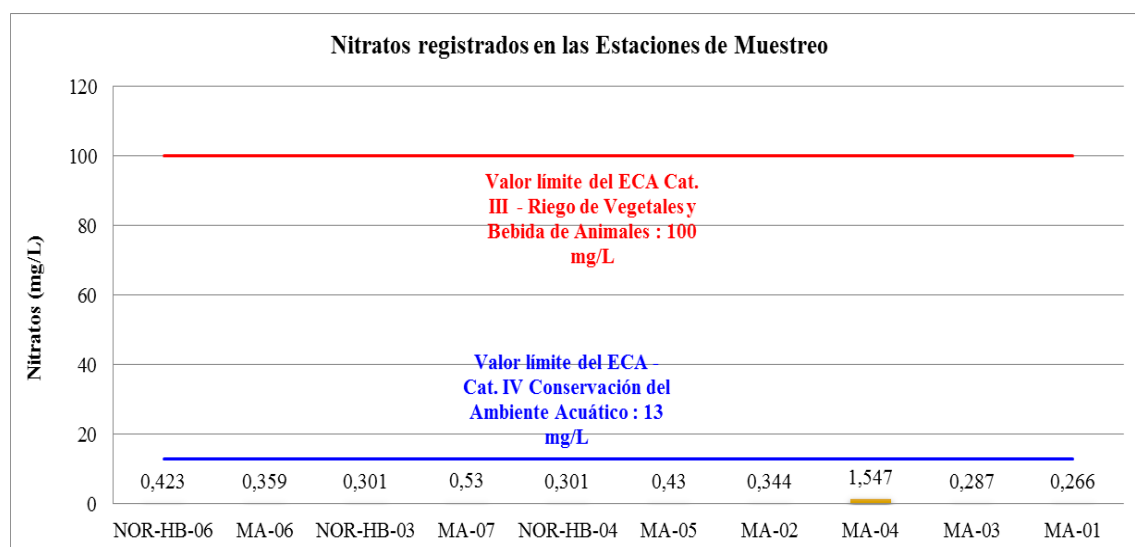
Los nitratos son una fuente de nutrientes para los organismos autótrofos, en las aguas en que abundan estos se propagan en altas cantidades llegando a la competencia por el oxígeno, alcanzando al grado de eutrofización. Este parámetro permite establecer la concentración de nitratos en el agua.

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del valor límite establecido en el ECA Categoría III Riego de Vegetales y Bebida de Animales y del valor límite establecido en el ECA Categoría IV Conservación del Ambiente Acuático.

Figura 42.

Figura 42

Concentración de nitratos registrado en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Sólidos totales suspendidos (mg/L). Los suelos son la principal fuente de sólidos totales suspendidos y en su mayor parte producto de la erosión laminar, el impacto de las gotas de lluvia origina el desprendimiento de pequeñas partículas de suelo compuesto por limo, arena, arcilla y materia orgánica en estado de descomposición, estos materiales son transportados en suspensión por el agua de escorrentía superficial a surcos y cárcavas desembocando en el caudal de los ríos, este material sólido en suspensión es causante de la

contaminación visible del agua. La litología también aporta diferentes tipos y cantidades de sedimentos al igual que la erosión eólica.

Las aguas crudas naturales contienen tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2007)

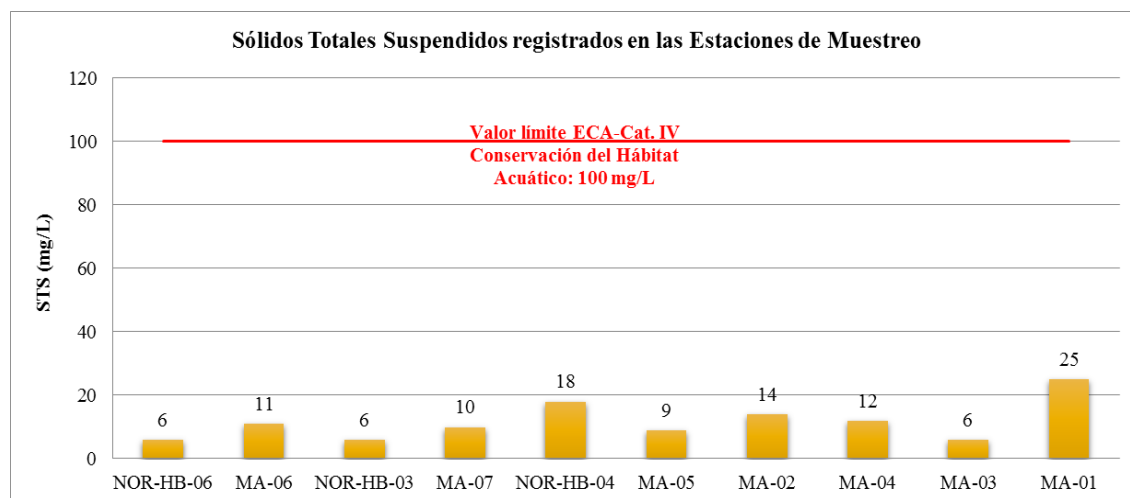
precisa que “los sólidos totales suspendidos (SST) y los sólidos totales disueltos (TDS) dispersan nutrientes y materia orgánica, tanto disueltos (MOD) como partículas (MOP), y son esenciales para los ecosistemas fluviales” (Allan y Castillo, 1995, p.109).

Por otra parte, más allá de sus rangos normales ambos constituyen contaminación. El exceso de nutrientes tiende a eutroficar los ambientes acuáticos. Las altas concentraciones de sólidos suspendidos reducen el paso de luz e impiden la fotosíntesis, obstruyen las branquias de los peces juveniles, y al depositarse sellan los intersticios de los sustratos multigranulares, que son el hábitat de múltiples organismos bentónicas (Agudelo y Alvear, 2015).

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del valor límite establecido en el ECA Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

Figura 43

Concentración de sólidos totales suspendidos registrada en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Metales totales (mg/L). Se definen como metales pesados a aquellos elementos químicos que tienen una densidad mayor que 5 g/cm^3 o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Pero este término se suele utilizar en el lenguaje corriente con una connotación negativa, que hace referencia al riesgo de toxicidad que genera su presencia cuando supera determinados niveles en el suelo (Bailey et al. 1999). Los metales pesados más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Estaño (Sn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni) y Plomo (Pb).

Los metales pesados (MP) presentes en las aguas fluviales, provienen de actividades antrópicas como la minería, así como por el meteorismo y lixiviación del material litogénico; el impacto de las gotas de agua y el viento erosionan el suelo y rocas liberando a los MP, las aguas precipitadas se encargan de transportarlos al cauce del río en suspensión o disolución.

El efecto de los metales pesados para los macroinvertebrados bentónicos depende de su concentración, resultan convenientes e indispensables para el metabolismo de los organismos en cantidades adecuadas, pero perjudicial e incluso tóxica cuando su concentración es mayor a la requerida o afectarlo fisiológicamente cuando hay una

hiperconcentración. Si la concentración es mayor, este aumento queda reflejado en la concentración acumulada en el interior de los macroinvertebrados que habitan en un tramo fluvial determinado (Herrero, 2014). Su deficiencia o exceso puede causar mortalidad, alteración de la tasa de crecimiento, reproducción, malformaciones, cambios en los ciclos de vida y afectar su distribución espacial.

El muestreo que se realizó durante marzo del 2018 que corresponde a la temporada de lluvias, por lo que, los valores de concentración de los metales son mínimos debido al incremento de los caudales.

La Tabla 36, resume con las concentraciones obtenidas en las estaciones de muestreo.

Tabla 36*Concentración de metales totales en las estaciones de muestreo*

Metal	MA-01	MA-02	MA-03	MA-04	MA-05	MA-06	MA-07	NOR-HB3	NOR-HB4	NOR-HB6	ECA ⁽¹⁾		ECA ⁽²⁾
											D1	D2	
Arsénico	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	0,2	0,15
Cadmio	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,0000	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,01	0,05	0,00025 ⁽³⁾
Cromo	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	<0,0023	0,1	1	**
Cobre	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,2	0,5	0,1
Hierro	0,5814	0,2159	<0,0052	0,1033	0,1554	0,2037	0,1636	0,2514	0,2272	0,1427	5	**	**
Plomo	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,05	0,05	0,0025
Zinc	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0009	2	24	0,12
Mercurio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,0001
OTROS METALES													
Plata (Ag)	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	**	**	**
Aluminio (Al)	0,6554	0,1544	<0,0077	0,239	0,1243	<0,0077	0,13	<0,0077	0,1748	<0,0077	5	5	**
Bario (Ba)	0,0449	0,027	0,0592	0,1403	0,0198	<0,0004	0,0242	<0,0004	0,0299	<0,0004	0,7	**	0,7
Berilio (Be)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,1	0,1	**
Calcio (Ca)	11,13	59,01	42,98	53,11	41,48	69,62	62,17	71,42	57,07	14,14	**	**	**
Cerio (Ce)	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	**	**	**
Cobalto (Co)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,05	1	**
Potasio (K)	0,5846	1,354	0,3106	0,4782	1,175	1,872	0,5499	1,815	0,7647	0,398	**	**	**
Litio (Li)	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	2,5	2,5	**
Magnesio (Mg)	2,008	8,204	2,213	1,228	4,933	6,587	9,156	7,299	9,864	1,718	**	250	**
Manganeso (Mn)	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,0265	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,2	0,2	**
Molibdeno (Mo)	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018	**	**	**
Sodio (Na)	2,461	4,82	0,3473	0,4555	3,851	5,323	1,598	5,112	1,179	1,696	**	**	**
Níquel (Ni)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,2	1	0,052

Metal	MA-01	MA-02	MA-03	MA-04	MA-05	MA-06	MA-07	NOR-HB3	NOR-HB4	NOR-HB6	ECA ⁽¹⁾		ECA ⁽²⁾
											D1	D2	
Fósforo	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	<0,0237	-	-	0,05
Antimonio	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	-	-	0,64
Selenio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	0,05	0,005
Silicio	4,16	3,095	1,633	1,309	2,707	3,037	4,32	3,193	2,787	2,499	-	-	
Estaño	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	<0,0026	-	-	
Estroncio	0,0385	0,4121	0,068	0,0671	0,358	0,5047	0,385	0,5831	0,2588	0,1143	-	-	
Titanio	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	<0,0021	-	-	
Talio	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	-	0,0008
Vanadio	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	-	

Nota. Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.- ENVIROTEST S.A.C.

Parámetros Microbiológicos

Coliformes Totales (NMP/mL). Los coliformes totales poseen las mismas características de los fecales, su única diferencia radica en que para los coliformes fecales, el grado de tolerancia a temperaturas mayores es más alto, soportando una temperatura máxima de 44.5 °C (Ramos et al. (2008).

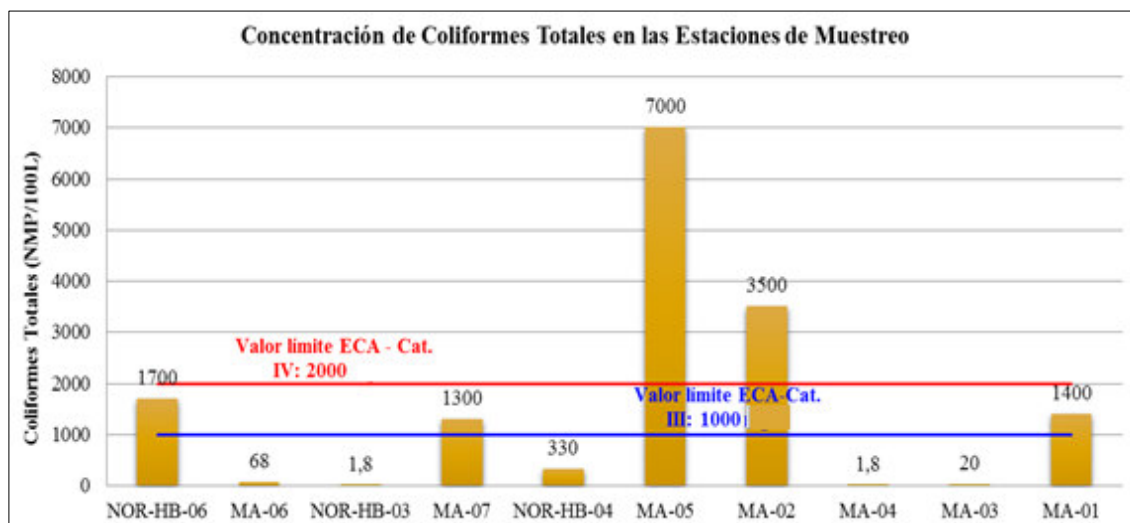
Los coliformes fecales son un parámetro microbiológico que provee información de presencia y abundancia de bacterias gram-negativas aerobias y anaerobias, conformados por los siguientes géneros (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, y *Citrobacter*) que se presentan en forma de 12 bacilos, gram negativos, no esporulados, fermentan lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 °C +/- 0.2 °C dentro de 24 horas. La especie con más presencia en este grupo es *Escherichia coli* (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS], 1979).

Se precisa que hoy, los ríos presentan una alta contaminación fecal es decir que este es el principal riesgo sanitario en cuerpos hídricos, ya que se asume que hay presencia de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por eso conocer el riesgo sanitario (presencia de coliformes) es tan importante para mantenerlo en equilibrio y así no exponer la salud de la población). Cuando se quiere conocer la calidad de agua contaminada por descargas domésticas se usa este grupo bacteriano coliformes como indicador, debido a que estas bacterias no se multiplican generalmente por fuera del organismo (Duncan, 1974).

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del valor límite establecido en el ECA Categoría 3 - Riego de Vegetales y Bebida de Animales y del valor límite establecido en el ECA Categoría 4 - Conservación del Ambiente Acuático, con excepción de las estaciones MA-02 y MA-05.

Figura 44

Concentración de coliformes totales registrada en las estaciones de muestreo



Fuente: Informes de Ensayo 180917, 180942 y 180943.

Lampert y Sommer (1997) citado por Segnini (2003) señalan que los estudios enfocan su atención en los cambios de los patrones de riqueza y abundancia de especies, como una manera de evaluar el impacto de los diferentes tipos de perturbaciones ambientales sobre las comunidades lóxicas. La premisa ecológica, que soporta el uso de la diversidad para cuantificar el grado de deterioro de los ríos, establece que la estabilidad de una comunidad incrementa con su complejidad. En los anexos, se presenta el registro fotográfico de las actividades realizadas en campo y laboratorio, las fichas de monitoreo de cada estación y, por último, los resultados de laboratorio.

4.2. Índices de diversidad biológica correspondientes al año 2009

Los resultados que se presentan son los que se identificaron en el capítulo IV de Evaluación Hidrobiológica del IEPN en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (MINAM, 2009) en donde se analiza la calidad de agua por medio del índice EPT en las estaciones de muestreo NOR-HB-03, 04 y 06 ubicadas en la cuenca del río Cañete.

Estación de muestreo NOR- HB-03. En base a las especies que se presentan en la Tabla 37 se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') que dió como resultado

1,2643 lo que indica biodiversidad media, en cuanto al Índice de Margalef (D) indica una diversidad baja 1,099, el índice de dominancia de Simpson indica que hay una dominancia media de 0,6205 de la familia *Chironomidae* y el índice de equidad de 0,5445 indica que la distribución no es homogénea en cuanto a especies.

Tabla 37

Macroinvertebrados muestreados en la estación NOR-HB-03 (2009)

Clase	Orden	Familia	Especie	NOR HB3
<i>Hirudinea</i>	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	4
<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	<i>Hyaella sp.</i>	4
<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	Indeterminada	22
		<i>Empididae</i>	<i>Chelífera sp.</i>	4
		<i>Tipulidae</i>	<i>Hexotoma sp.</i>	4
Número de Individuos (N)				38
Número de Especies (s)				5

Nota. Inventario de Patrimonio Natural de la RPNYC (junio, 2009).

Estación de muestreo NOR HB 4 – río Alis. En base a las especies identificadas se elaboró la Tabla 38, mediante el cual se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') que dió como resultado 1,6511 lo que indica biodiversidad media, en cuanto al índice de Margalef (D) indica una diversidad baja 1,403, el índice de dominancia de Simpson indica que hay una dominancia media de 0,7396 de la clase *oligochaeta* y el índice de equidad de 0,5881 indica que la distribución no es homogénea en cuanto a especies.

Tabla 38

Macroinvertebrados muestreados en NOR HB4 (2009)

Clase	Orden	Familia	Especie	NOR HB4
<i>Oligochaeta</i>	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	33
<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	Indeterminada	7
			<i>Baetodes sp.</i>	7
			<i>Stenelmis sp.</i>	7
<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	Indeterminada	7
		<i>Empididae</i>	<i>Chelífera sp.</i>	4
	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	<i>Atopsyche sp.</i>	7

Clase	Orden	Familia	Especie	NOR HB4
Número de Individuos (N)				72
Número de Especies (s)				7

Nota. Elaborado con bas en el Inventario de Patrimonio Natural de la RPNYC, 2009.

Estación de muestreo NOR HB 6 – río Cañete. En base a las especies que se presentan en el Tabla 39 se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') que dió como resultado 1,2643 lo que indica biodiversidad media, en cuanto al índice de Margalef (D) indica una diversidad baja 1,099, el índice de dominancia de Simpson indica que hay una dominancia media de 0,6205 de la familia *chironomidae* y el índice de equidad de 0,5445 indica que la distribución no es homogénea en cuanto a especies.

Tabla 39

Macroinvertebrados muestreados en la estación NOR-HB-06 (2009)

Clase	Orden	Familia	Especie	NOR HB3
<i>Hirudinea</i>	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	4
<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	<i>Hyaella sp.</i>	4
<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	Indeterminada	22
		<i>Empididae</i>	<i>Chelífera sp.</i>	4
		<i>Tipulidae</i>	<i>Hexotoma sp.</i>	4
Número de Individuos (N)				38
Número de Especies (s)				5

Fuente: Inventario de Patrimonio Natural de la RPNYC, (junio, 2009).

4.3. Índices Bióticos correspondientes al año 2009

En la Tabla 40 se registran los índices bióticos que se han calculado para cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 40

Índices de bióticos calculados en las estaciones de muestreo– magnitudes e interpretación de la calidad biológica del agua (2009)

Estación de Muestro / Índice	Índice EPT	Índice IBF	Índice BMWP	Índice ABI
NOR-HB-06	0 – Mala	6,89 - Mala	112- Buena	116 -Excelente
NOR-HB-03	0 - Mala	6,89 - Mala	112- Buena	116 -Excelente
NOR-HB-04	39% - Regular	5,85- Regular	273 - Buena	203 - Excelente

Nota. S.R. Sin registro.

El índice EPT utilizado en el INP de la RPNYC elaborado el año 2009 no es el más adecuado, debido a que fue desarrollado para otra área climática. En las zonas medias o bajas de los ríos o en ríos temporales, los órdenes *Plecopteros* o *Efemerópteros* son menos importantes y la diversidad de géneros y familias de *Plecoptera* hacia las zonas australes del continente aumenta en relación a zonas más ecuatoriales (Romero, 2001; Figueroa et al., 2003). Incluso, en zonas ecuatoriales hay variaciones específicas altitudinales en un mismo género (Tomanova y Tedesco, 2007).

Existe una baja riqueza natural de especies de *Plecoptera* y *Ephemeroptera* en la región Andina (Illies, 1969; Jacobsen et al., 1998) por lo que la calidad biológica se habría subvalorado por la altitud del área de estudio y a su entorno específico, sin tener la validez para determinar la contaminación del agua.

Del análisis efectuado a la información obtenida en la Tabla 40 respecto a la evaluación de la calidad biológica actual del agua en el área de estudio, se desprende que la calidad es heterogénea, varía para cada estación de muestreo y ello se aprecia, cuando se aplica el índice biótico. Se ha considerado pertinente aplicar posteriormente el índice BMWP, ya que, es el más indicado por presentar mayor especificidad respecto a las familias Ostracoda, Hemíptera y Poduridae que fueron identificadas en el muestreo. No se ha optado por utilizar el índice ABI, debido a que existen diferencias pequeñas entre los valores de

sensibilidad a la contaminación para la misma familia entre el índice ABI generado por Acosta et al. (2009) para las regiones altoandinas del Perú y los valores de sensibilidad generados para el índice BMWP para Colombia (Roldán, 2003).

Como una excepción a lo expresado en los párrafos que anteceden, se puede apreciar que las estaciones MA-07 y la estación MA-03 presentan similares valores para todos los índices bióticos, que los califican de calidad mala a muy crítica, ambas estaciones están ubicadas aguas abajo del área de la influencia ambiental de las unidades mineras Yauricocha y San Valentín.

En cuanto a la calidad físico-química y microbiológica de las estaciones de muestreo, los valores registrados indican que estas se encuentran dentro de los ECA, con excepción, al potencial de hidrógeno pH que en algunas estaciones se encuentra fuera del rango del ECA (6,5-8,5): MA-01 presentó un valor de 6,3 (ácido) y las estaciones NOR-HB-03 (8,65), NOR-HB-04 (8,54), MA-03 (8,56), MA-04 (8,64) y MA-07 (8,7), que se encuentran ligeramente básicas. Con respecto a los coliformes, las estaciones más críticas son las estaciones MA-05 y MA-02, que presentan valores individualmente de 7000 y 3500 NMP/100ml. Mientras, que en las otras estaciones NOR-HB-06, MA-07, MA-01 se obtuvieron valores de 1700, 1300 y 1400 NMP/100mL, respectivamente.

En las muestras de las otras estaciones se observó la persistencia de organismos de la familia *Chironomidae* (larvas), estas especies son tolerantes a la materia orgánica y bajos valores de oxígeno por lo que también se asume que los cuerpos de agua en el área de estudio son alterados por descargas de tipo orgánico.

Tabla 41

Especies de macroinvertebrados por estación de muestreo - marzo 2018

Estación/Período	Año 2018	
	Especie	Tipo de Indicador (Calidad)
MA-06	<i>Ectemnostegella sp.</i>	Buena a Regular

Estación/Período	Año 2018	
	Especie	Tipo de Indicador (Calidad)
	<i>Hyalella sp.</i>	Buena a Regular
	<i>Metrichia sp.</i>	Mala a muy mala
	<i>Orthoclaadiinae no det.</i>	Mala a muy mala
	<i>Ostracoda no det.</i>	-
	Diversidad	Media
	Índice BMWP	Aceptable
Estación/Período	Especie	Tipo de Indicador
MA-07	<i>Hyalella sp.</i>	Buena a Regular
	<i>Lumbriculidae no det.</i>	Mala a muy mala
	<i>Nais sp.</i>	Mala a muy mala
	Diversidad	Media
	Índice BMWP	Muy crítica
Estación/Período	Especie	Tipo de Indicador
MA-05	No se tiene ningún registro	-
Estación/Período	Especie	Tipo de Indicador
MA-02	<i>Andesiops sp.</i>	Regular a mala
	<i>Austrelmis sp.</i>	Buena a Regular
	Diversidad	Escasa
	Índice BMWP	Aceptable
Estación/Período	Especie	Tipo de Indicador
MA-04	<i>Orthoclaadiinae no det.</i>	Mala a muy mala
	<i>Gerromorpha no det.</i>	Buena a Regular
	<i>Poduridae no det.</i>	-
	<i>Nais sp.</i>	Mala a muy mala
	Diversidad	Escasa
	Índice BMWP	Dudosa
Estación/Período	Especie	Tipo de Indicador
MA-03	<i>Orthoclaadiinae no det.</i>	Mala a muy mala
	<i>Hydroporinae (Tribu Bidessini no det.)</i>	Buena
	Diversidad	Escasa
	Índice BMWP	Muy crítica
Estación/Período	Año 2018	
MA-01	<i>Andesiops sp.</i>	Regular a mala
	<i>Austrelmis sp.</i>	Buena a Regular
	Diversidad	Escasa
	Índice BMWP	Buena

En la Tabla 42 se ha efectuado la comparación entre los índices de biodiversidad actuales y los obtenidos en el año 2009, y se puede apreciar que ha ocurrido una reducción importante de macroinvertebrados bentónicos, conviene indicar, que en estos índices de biodiversidad: (1) no se establece la diferencia entre las comunidades tolerantes y sensibles,

- (2) no se determina el tipo de contaminación detectado, (3) las respuestas no son lineales y (4) solo son sensibles a la alta contaminación.

Tabla 42

Comparación entre valores del índice de diversidad (2009 -2018)

Período	Característica	NOR-HB-03	NOR-HB-04	NOR-HB-06
2009	Índice de Biodiversidad Shannon-Wiener (H')	1,2643	1,6511	1,2643
	Calificación de H'	Media	Media	Media
	Índice de Diversidad de Margalef (D)	1,0996	1,4030	1,0996
	Calificación de D	Baja	Baja	Baja
2018	Índice de Biodiversidad Shannon-Wiener (H')	0,7563	0,6599	0,6663
	Calificación de H'	Baja	Baja	Baja
	Índice de Diversidad de Margalef (D)	1,0918	1,1696	1,2427
	Calificación de D	Baja	Baja	Baja
Variación del Índice H'		-0,508	-0,9912	-0,598
Variación del Índice D		-0,0078	-0,2334	0,1431
% de disminución del índice H'		-40,18%	-60,03%	-47,30%
% de disminución del índice D		-0,71%	-16,64%	13,01%

Como se puede visualizar, en la Tabla 42, se han reducido los valores obtenidos del índice de diversidad de Shannon -Wiener entre los años 2009 al 2018 en un promedio de 49,17% y el índice de diversidad de Margalef en promedio 1,44%. Se entiende que la reducción de la diversidad en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos también afectaría a la biodiversidad del ecosistema acuático fluvial en el mismo sentido.

La temporada húmeda muestra un escenario más favorable en cuanto a riqueza y abundancia de especies de macroinvertebrados, que los resultados que se obtendrían para el mismo escenario en temporada seca.

En la Tabla 43 se presenta un comparativo entre los resultados de los índices bióticos correspondientes al año 2009 y obtenidos en el 2018 en las tres estaciones de muestreo.

Tabla 43

Comparación de los índices bióticos EPT, IBF, BMWP y ABI (2009 -2018)

Período	Característica	NOR-HB-03	NOR-HB-04	NOR-HB-06
2009	Índice EPT	0	39%	0
	Calificación EPT	Mala	Regular	Mala
	Índice IBF	6,89	5,85	6,89
	Calificación IBF	Mala	Regular	Mala
	Índice BMWP	112	273	112
	Calificación BMWP	Buena	Excelente	Buena
	Índice ABI	116	203	116
	Calificación ABI	Excelente	Excelente	Excelente
2018	Índice EPT	0	23%	20%
	Calificación EPT	Mala	Mala	Mala
	Índice IBF	7,87	6,23	6,8
	Calificación IBF	Mala	Mala	Mala
	Índice BMWP	230	43	36
	Calificación BMWP	Buena	Dudosa	Dudosa
	Índice ABI	199	34	27
	Calificación ABI	Excelente	Regular	Regular

Se puede apreciar que hay una pérdida de calidad de agua en el año 2018 respecto al año 2009, que se evidencia claramente en todos los índices bióticos registrados en la estación NOR-HB-04 y parcialmente en la estación NOR-HB-06 cuya calidad de agua varió en el índice BMWP de buena a regular y en ABI de excelente a regular. En la Tabla 44 se presenta la comparación entre las especies identificadas en cada una de las estaciones de muestreo:

Tabla 44

Comparación de macroinvertebrados bentónicos entre el año 2009 y 2018

Estación/Período	Año 2009		Año 2018	
	Especie	Tipo de Indicador (Calidad)	Especie	Tipo de Indicador (Calidad)
NOR-HB-03	<i>Hirudinea</i>	Mala a Muy mala	<i>Chironomidae no det.</i>	Mala a Muy mala
	<i>Hyaella sp.</i>	Buena a Regular	<i>Tanytarsus sp.</i>	Mala a Muy mala
	<i>Chironomidae</i>	Mala a Muy mala	<i>Hyaella sp.</i>	Buena a Regular
	<i>Chelifera sp.</i>	Regular a Mala	<i>Lumbriculidae no det.</i>	Mala a Muy mala
	<i>Hexotoma sp.</i>	Buena a Regular	<i>Nais sp.</i>	Mala a Muy mala
NOR-HB-04	<i>Oligochaeta</i>	Mala a Muy mala	<i>Andesiops sp.</i>	Regular a Mala
	<i>Baetidae</i>	Regular a Mala	<i>Chironomidae</i>	Mala a Muy mala
	<i>Chironomidae</i>	Mala a Muy mala	<i>Empididae</i>	Regular a Mala
	<i>Empididae</i>	Regular a Mala		
	<i>Hydrobiosidae</i>	Buena a Excelente		
NOR-HB-06	<i>Hirudinea</i>	Mala a Muy mala	<i>Andesiops sp.</i>	Regular a Mala
	<i>Hyaella sp.</i>	Buena a Regular	<i>Hyaella sp.</i>	Buena a Regular
	<i>Chironomidae</i>	Mala a Muy mala	<i>Simulium sp.</i>	Buena a Regular
	<i>Chelifera sp.</i>	Regular a Mala		
	<i>Hexotoma sp.</i>	Buena a Regular		

Los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo indican, que hay un cambio en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre los años 2009 y 2018, lo que se evidencia en el aumento del número de familias más tolerantes sobre los otros órdenes menos tolerantes, así como en la reducción del índice de diversidad de Shannon-Wiener, que define la degradación de la calidad biológica del agua consecuencia de las actividades antrópicas desfavorables al medio.

En el año 2009, la estación NOR HB4 poseía organismos de las familias *Ephemeroptera*, *Plecóptera*, *Trichoptera* y en el muestreo del 2018 no se ha observado ninguno de estos organismos sensibles, por lo que se puede establecer, que efectivamente se ha presentado un cambio en la calidad de agua, esto podría coincidir con la afirmación hecha por Alba (1996) que indica que “cuando los parámetros son críticos los organismos sensibles mueren y su lugar es ocupado por los organismos tolerantes”, esto queda en evidencia al

haber aumentado el número de organismos tolerantes (*Chironomidae* y *Oligoquetos*). Este reemplazo coincide con lo señalado por Chovanec et al. (2000), definen que los impactos sobre la integridad de un ecosistema acuático se ven reflejados sobre un grupo de especies que pueden eventualmente desaparecer o reducir su abundancia, también pueden aparecer especies atípicas u oportunistas, es pertinente indicar, que no basta con solo evaluar al componente biótico para ver los impactos que causa la contaminación humana o variación natural, por lo que se debe, considerar imprescindible establecer su relación con las variables ambientales y de ser posible con las variables sociales.

Considerando a nivel global la comunidad de macroinvertebrados bentónicos que fue definida en su composición por Acosta en el año 2009, estableciendo que las órdenes con mayor riqueza de géneros eran las: *Diptera*, *Trichoptera* y *Coleoptera*. El orden *Diptera* presentó la mayor cantidad de taxas en ambas épocas: seca y lluviosa (53 y 57% respectivamente), seguida por *Trichoptera* en la estación lluviosa (12%) y *Coleoptera* en la seca (13%). Según los datos obtenidos en la presente investigación persiste el predominio del orden *Diptera* con un 35,29%, luego la de *oligochaeta* que son indicadores de mala a muy mala calidad de agua con un 11,76%, y seguida por el orden de las *coleópteras*. Por lo que se puede apreciar el reemplazo progresivo de las especies de *trichopteras* por especies del orden de *oligochaetas*.

Tomanova et al. (2006) citado por Moya (2011) indica que la mayoría de los taxa en esta región suelen ocupar al menos dos niveles tróficos. Esto significa que, si un recurso específico asociado a un nivel trófico escasea con la perturbación, los organismos suelen eventualmente compensar esta limitación cambiando a recursos que corresponden a otro nivel trófico.

4.4. Prueba de Hipótesis

De acuerdo a lo identificado en el ítem anterior se realizará la prueba de las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación:

Prueba de hipótesis general. Se ha validado la hipótesis general debido a que el contrastaje de la data de macroinvertebrados bentónicos recogida en las tres estaciones referenciales NOR HB 3, NOR HB 4 y NOR-HB-06 han permitido identificar el cambio de la calidad biológica del agua en la parte alta de la cuenca del río Cañete - Sector RPNYC, como se puede visualizar en la Tabla 44.

Prueba de hipótesis específicas

- De igual forma, el Tabla 44 se puede deducir un cambio en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y el aumento del número de familias más tolerantes sobre los otros órdenes menos tolerantes.
- Los valores de los índices de biodiversidad en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua consideradas en la parte alta de la cuenca del río Cañete – Sector RPNYC efectivamente han disminuido como se puede verificar en el Tabla 42 en el que se constata la reducción de los índices de biodiversidad de Shannon y de Margalef.
- Los valores de los índices bióticos en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua consideradas en la parte alta de la cuenca del río Cañete – Sector RPNYC, han disminuido como se puede constatar en el Tabla 43, en él se aprecia, que en el año 2009 eran de calidad excelente y buena y que para el año 2018 se registran de calidad dudosa a regular.

Por ello, se considera que se ha validado las hipótesis planteadas al inicio del presente trabajo de investigación.

V. Discusión de resultados

En la tesis doctoral presentada por Carlos Raúl Acosta Rivas para optar al título de Doctor por la Universidad de Barcelona llamado “Estudio de la Cuenca Altoandina del río Cañete (Perú: Distribución altitudinal de la Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos y Caracterización Hidroquímica de sus cabeceras cársticas” aplicando diversos métodos estadísticos determinó la variabilidad espacial y estacional de la comunidad de macroinvertebrados y parámetros físico-químicos del agua en un gradiente comprendido entre los 2500 a 4400 msnm Los resultados fueron analizados considerando tanto la variabilidad altitudinal, como el orden de los ríos y las temporadas de pluviosidad, y se concluyó que: (1) La composición de los taxa por órdenes taxonómicos mostró pocas variaciones durante las épocas muestreadas y (2) La riqueza de taxa de macroinvertebrados fue significativamente mayor durante la época lluviosa, aunque al estandarizar el tamaño de muestra mediante la rarefacción, estas diferencias, al igual que las de la diversidad de Shannon resultaron no significativas. es por ello, que no se consideró pertinente realizar otras observaciones tomando también en consideración las limitaciones logísticas y económicas disponibles.

Desde el año 2009, no se cuenta con un estudio de evolución histórica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, año en que se realizó el muestreo hidrobiológico en el río Cañete y en la RPNYC. Por ello, no hay un estudio comparativo en el ámbito de estudio para poder discutir los resultados obtenidos en el presente trabajo.

A fin de consistenciar y respaldar la data puntual obtenida en la presente investigación, se ha extraído de los informes generados por la Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos contenidos en el catálogo virtual de la ANA, los parámetros físico-químicos y microbiológicos que se determinaron en los periodos de monitoreos de calidad de agua superficial: mayo, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. Se debe

mencionar que no se consignan data en los mencionados informes respecto a macroinvertebrados bentónicos porque no se efectuaban este tipo de muestreo. Las fechas de los referidos informes se registran a continuación:

Tabla 45

Informes de monitoreo de calidad de agua superficial – ANA

Informe	Fecha de Muestreo	Temporada	Laboratorio
Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca Cañete, mayo 2013.	03 al 07 de diciembre del 2012	Húmeda	SGS del Perú S.A.C.
Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete, junio 2013.	08 de junio del 2013.	Transición de estiaje	EnviroLab Perú S.A.C.
Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua de la Cuenca del río Cañete, diciembre 2014.	15 y 19 de diciembre del 2014.	Avenida	Servicios Analíticos Generales S.A.C.
Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la cuenca del río Cañete, diciembre 2015.	19 y 23 de octubre del 2015.	Estiaje	NSF ENVIROLAB S.A.C.

En las Tablas 46, 47 y 48 se presentan las coordenadas de los puntos de monitoreo de agua superficial correspondientes a los informes de mayo 2013, junio 2013 y diciembre del año 2014 y 2015 respectivamente.

Tabla 46

Puntos de monitoreo de la cuenca del río Cañete – mayo 2013

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
LPoma1	Laguna Pomacocha	423 609	8 628 457	4 430
QTinc1	Quebrada Tinco, aguas arriba del centro poblado Tinco – Yauricocha	424 972	8 641 446	4 019
EPauc1	Embalse Paucarcocha, cerca al dique de salida	392 964	8 664 378	4 239
RAlis1	Río Alis, aguas abajo del distrito de Tomas	418 437	8 646 197	3 346
RCañel	Río Cañete, aguas abajo del distrito de Vitis	412 395	8 647 077	3 405
RMira1	Aguas abajo del distrito de Miraflores - río Miraflores	407 666	8 642 872	3 631
RAlis2	Río Alis, antes de su desembocadura al río Cañete	414 342	8 641 613	3 134

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
RCañe2	Río Cañete, Puente Acomachay, en el distrito de Alis.	412 109	8 641 142	3 052
RCañe3	Río Cañete, aguas abajo de la confluencia del río Cañete y del río Alis	412 014	8 640 825	3 006
RCañe4	Río Cañete, aguas abajo del centro poblado de Llapay y del río Laraos	410 254	8 636 096	2 906
QYauy1	Quebrada Yauyos, aguas abajo del distrito de Yauyos	400 475	8 622 403	2 869
RCañe5	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena (Anexo de Yauyos)	400 936	8 618 513	2 265
RCañe6	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Catahuasi	401 796	8 583 182	1 121
RCañe7	Río Cañete, puente Socsi, aguas abajo del distrito de Lunahuana	370 457	8 559 377	325
RCañe8	Río Cañete, puente Clarita, Panamericana Norte-distrito de San Vicente de Cañete	352 122	8 548 605	50

Fuente: Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca Cañete, mayo 2013.

ANA.

Tabla 47

Puntos de muestreo de la calidad de agua en la cuenca del río Cañete – junio 2013

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
EPauc1	Embalse Paucarcocha, cerca al dique de salida	392 688	8 664 198	4 241
RCañe1	Río Cañete, aguas abajo del distrito de Vitis	412 305	8 647 194	3 419
RMira1	Río Miraflores, antes de la confluencia con el río Cañete	411 384	8 642 867	3 251
RCañe9	Río Cañete, aguas debajo de la confluencia del río Miraflores	411 493	8 643 039	3 230
RCañe2	Río Cañete, aguas arriba de la desembocadura del río Alis - Puente Acomachay	412 140	8 641 168	3 156
QTinc1	Quebrada Tinco, aguas debajo de la comunidad de Tinco – Yauricocha	424 721	8 641 772	4 012
RAlis1	Río Alis, aguas abajo del distrito de Tomas	418 789	8 646 470	3 987
RAlis2	Río Alis, antes de su desembocadura al río Cañete	412 240	8 640 915	3 112
RCañe3	Río Cañete, aguas debajo de la desembocadura del río Alis	412 100	8 640 846	3 109
RCañe4	Río Cañete, aguas debajo de la comunidad de Llapay y aguas arriba de la desembocadura del río Laraos	410 161	8 636 795	2 962
QYauy1	Quebrada Yauyos, aguas abajo del distrito de Yauyos	400 789	8 622 516	2 782
RCañe5	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena	400 981	8 618 685	2 267
RCañe6	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Catahuasi	403 025	8 584 793	1 183
RCañe7	Río Cañete, puente Socsi, aguas abajo del distrito de Lunahuana	370 431	8 559 391	384

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
RCañe8	Río Cañete, puente Clarita, Panamericana Norte-districto de San Vicente de Cañete	352 064	8 548 623	57

Fuente: Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete, junio 2013.

ANA.

Tabla 48

Puntos de monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Cañete – diciembre 2014 y diciembre 2015

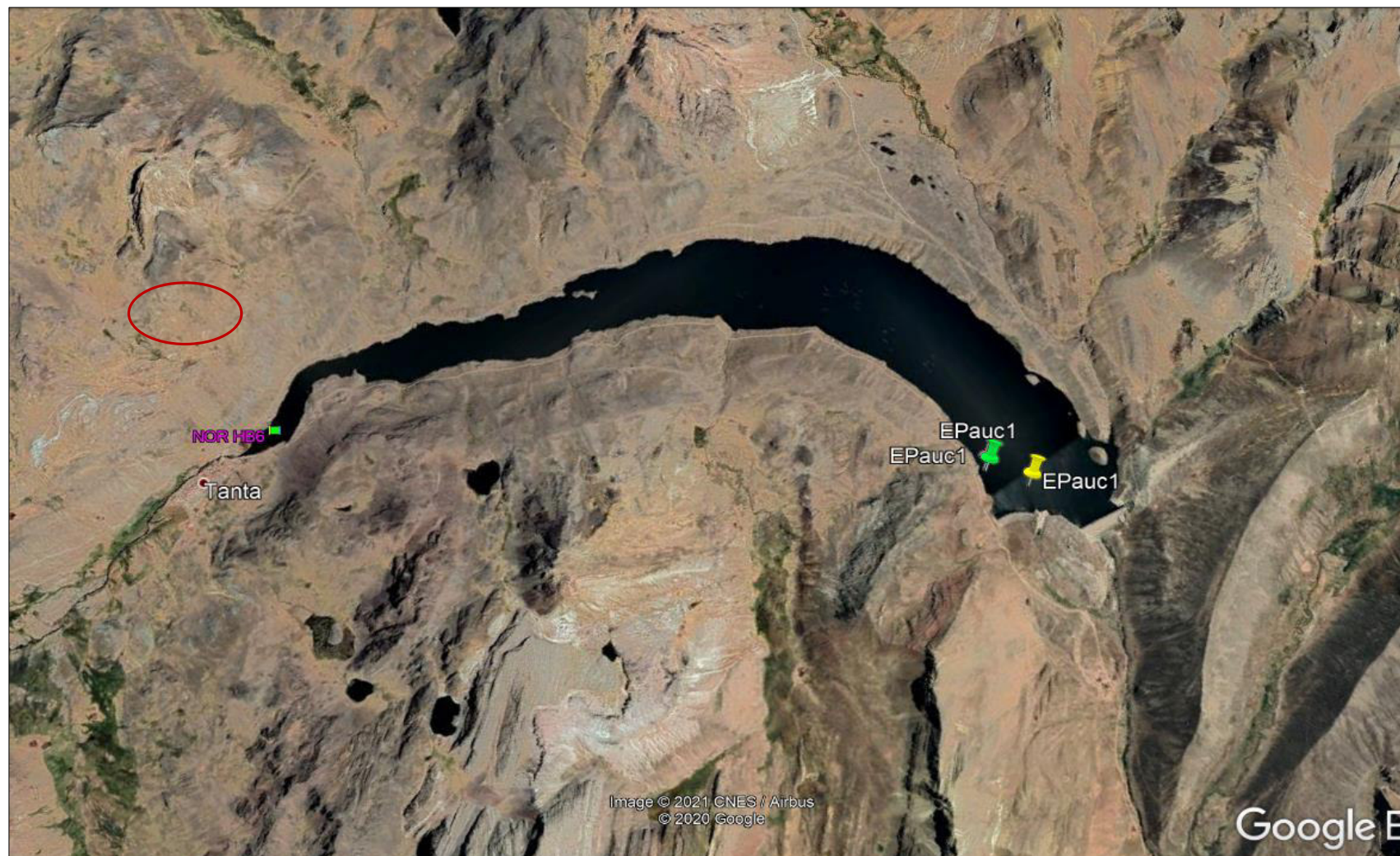
Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
EPauc1	Embalse Paucarcocha (cerca al dique de salida) distrito de Tanta	392 705	8 664 202	4 242
RCañe1	Río Cañete, aguas abajo del distrito de Vitis (altura de la piscigranja Municipal)	412 312	8 647 193	3 400
RMira1	Río Miraflores, aguas abajo de la localidad de Miraflores	407 765	8 642 825	3 641
RMira2	Río Miraflores, aguas abajo del distrito de Miraflores a 150 m. aprox. Antes de confluir con el río Cañete (altura del puente)	411 395	8 642 864	3 260
RCañe2	Río Cañete, 100 m. aprox. aguas arriba de la desembocadura del río Alis (Puente Tinco - Alis)-Puente Acomachay	412 157	8 641 168	3 139
QTinc1	Quebrada Tinco, aguas arriba de la comunidad de Tinco – Yauricocha	424 974	8 641 440	4 027
RAlis3	Río Alis, aguas arriba del centro poblado Huancachi (altura del puente)	422 252	8 644 902	3 752
RAlis1	Río Alis, aguas abajo del distrito de Tomas (altura del puente)	418 832	8 646 558	3 974
RAlis2	Río Alis, 100 m. aprox. Antes de la confluencia con el río Cañete	412 237	8 640 909	3 107
RCañe3	Río Cañete, aguas debajo de la desembocadura del río Alis	412 105	8 640 845	3 115
LPaco1	Laguna Pacocha (cuerpo receptor del vertimiento de la minera San Valentín)	425 111	8 627 897	4 216
RLara1	Río Laraos, aguas abajo del distrito Laraos, 150 m aprox antes de la confluencia con el río Cañete	410 287	8 636 132	2 924
RCañe4	Río Cañete, aguas debajo de la localidad de Llapay y del río Laraos	410 248	8 636 087	2 924
QYauy1	Quebrada Yauyos, aguas abajo del distrito de Yauyos y de las lagunas de oxidación	400 748	8 622 437	2 854
RCañe5	Río Cañete, aguas abajo del pueblo de Magdalena (Anexo de Yauyos)	400 937	8 618 506	2 280
RCañe9	Río Cañete, aguas debajo de la localidad de Capillucas, después del embalse Capillucas (CELEPSA)	396 103	8 594 112	1 531
RCañe6	Río Cañete, aguas abajo del distrito de Catahuasi	403 029	8 584 724	1 168

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
RCañe10	Río Cañete, aguas abajo del embalse San Juanito (CELEPSA)	392 720	8 580 148	889
RCañe7	Río Cañete, puente Sosci, aguas abajo del distrito de Lunahuana	370 491	8 559 413	316
RCañe8	Río Cañete, puente Clarita, Panamericana Norte-districto de San Vicente de Cañete	352 202	8 548 635	56

Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete, diciembre 2014. Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la cuenca del río Cañete – 2015, diciembre 2015.

Figura 45

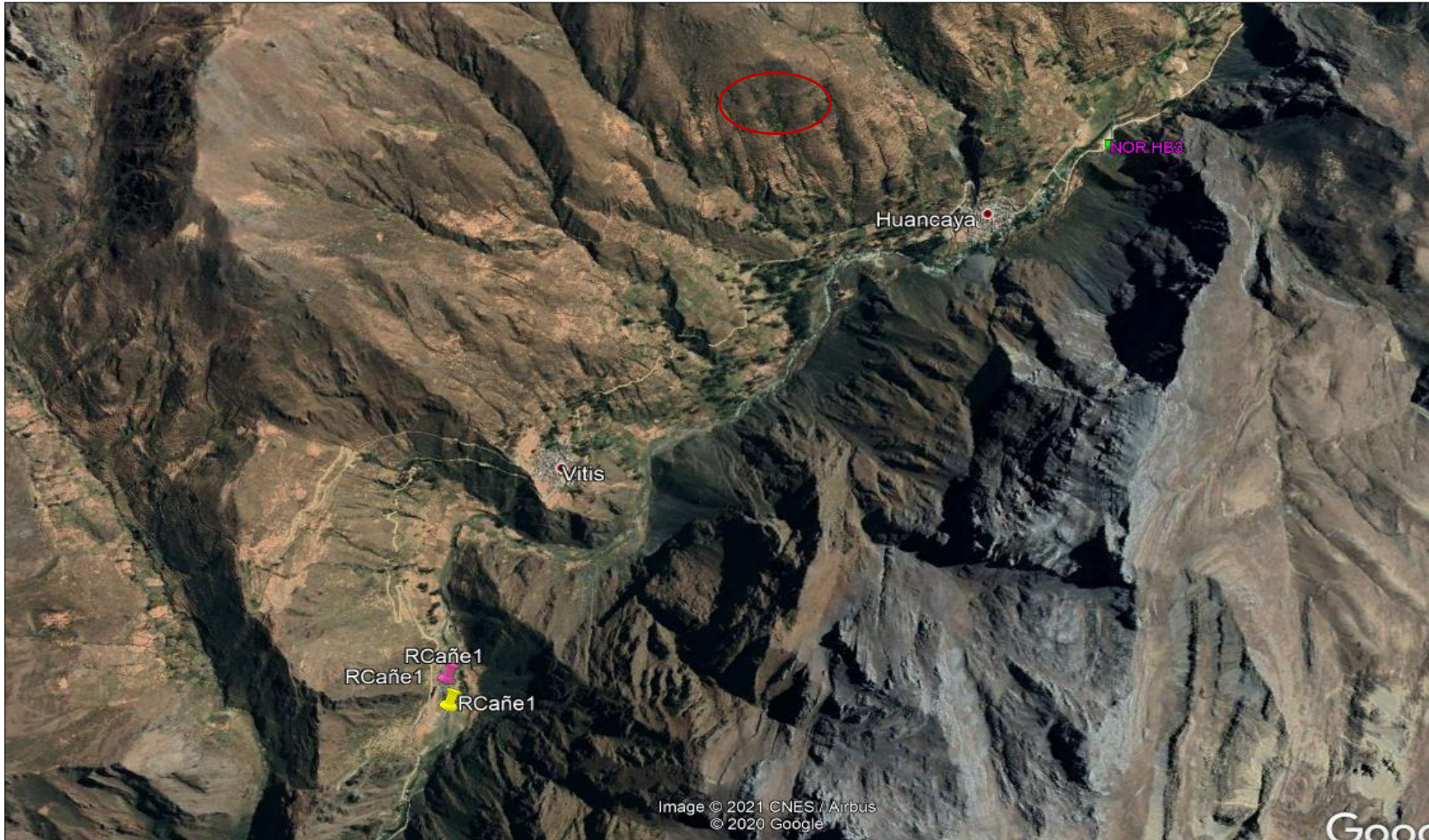
Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación NOR HB6



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono verde: diciembre 2014-2015. Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 46

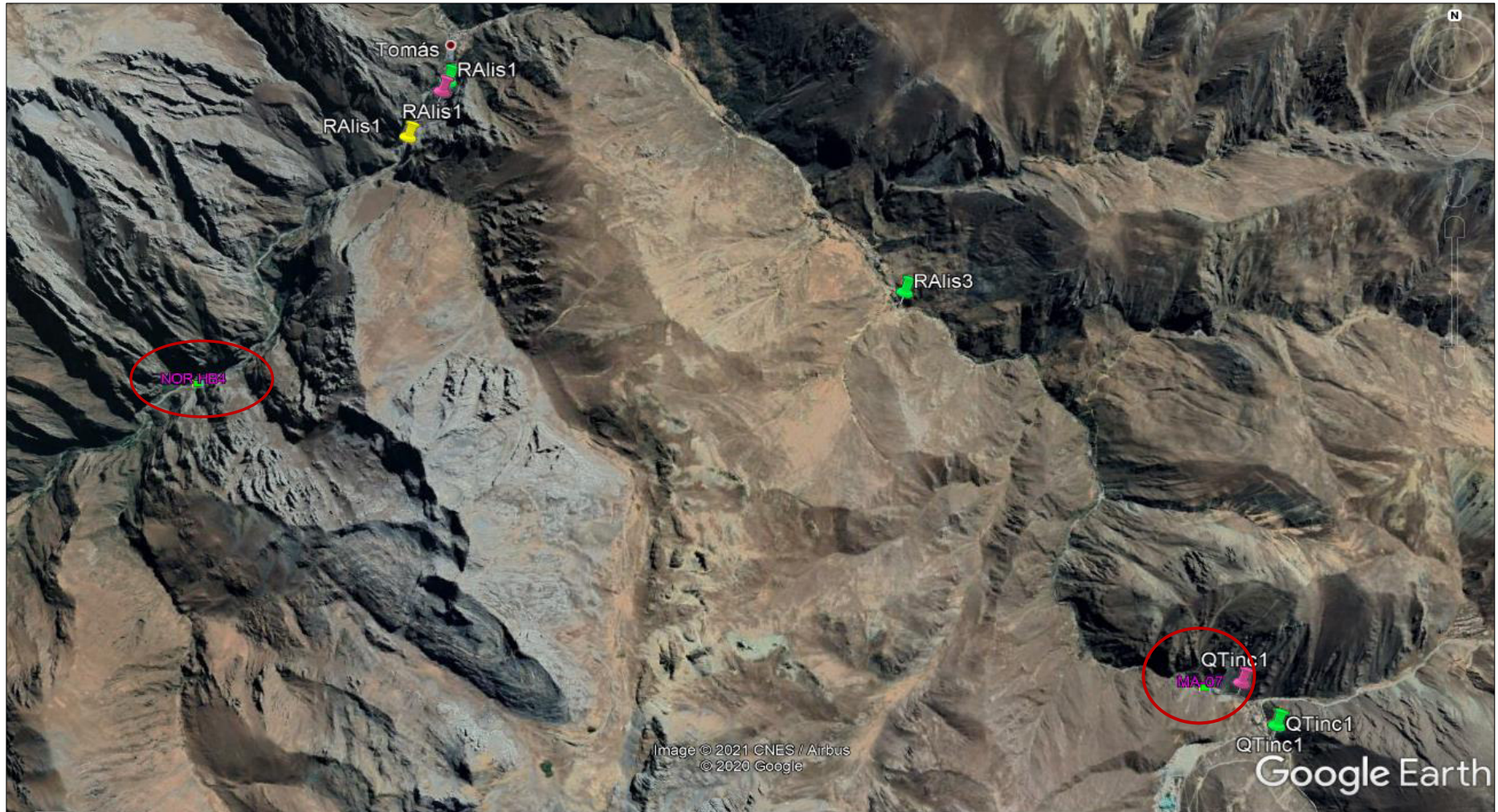
Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación NOR HB3



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono fucsia: junio 2013. Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 47

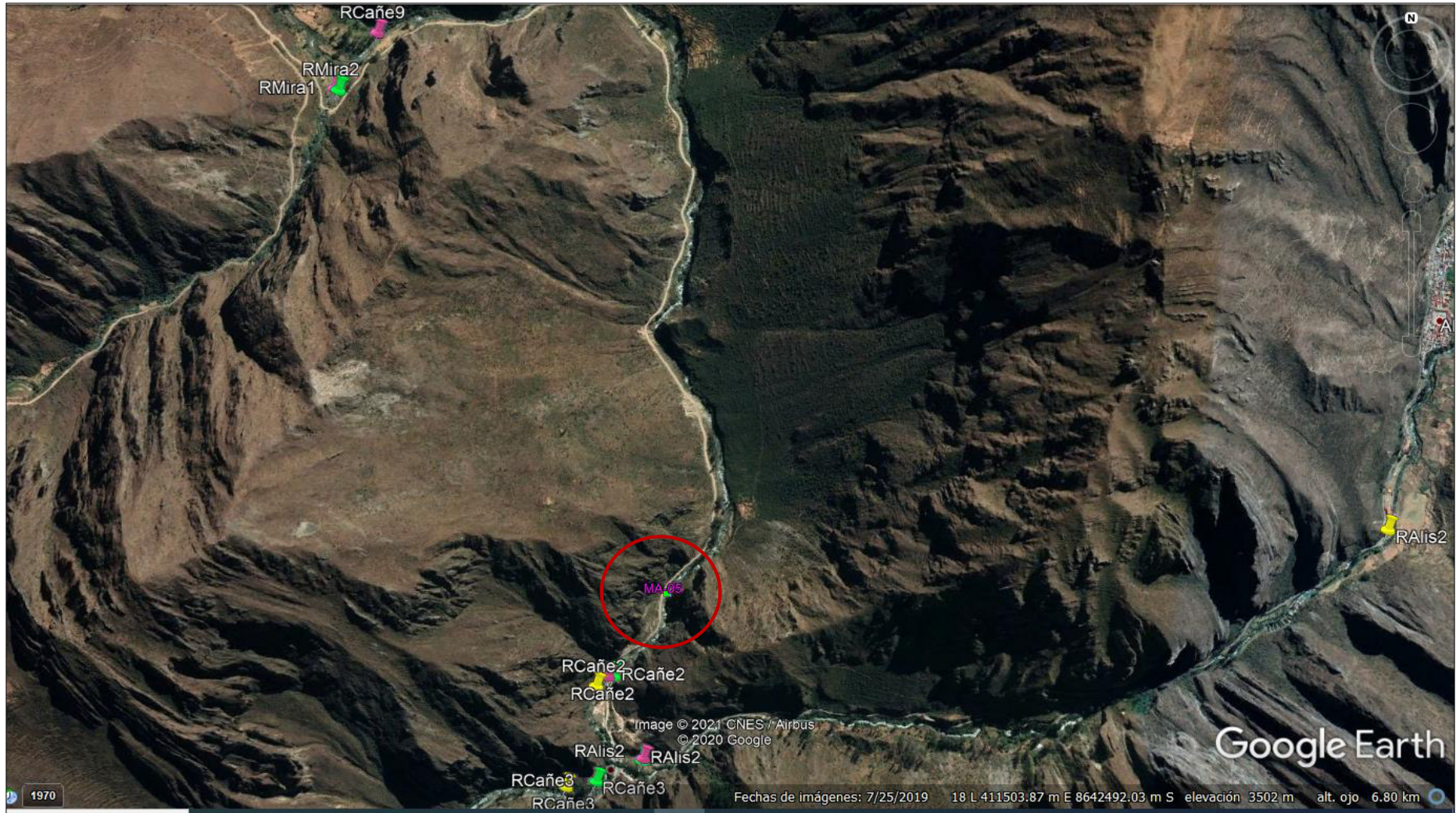
Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a las estaciones de la presente investigación NOR HB4 y MA-07



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono fucsia: junio 2013, Icono verde: diciembre 2014-2015. Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 48

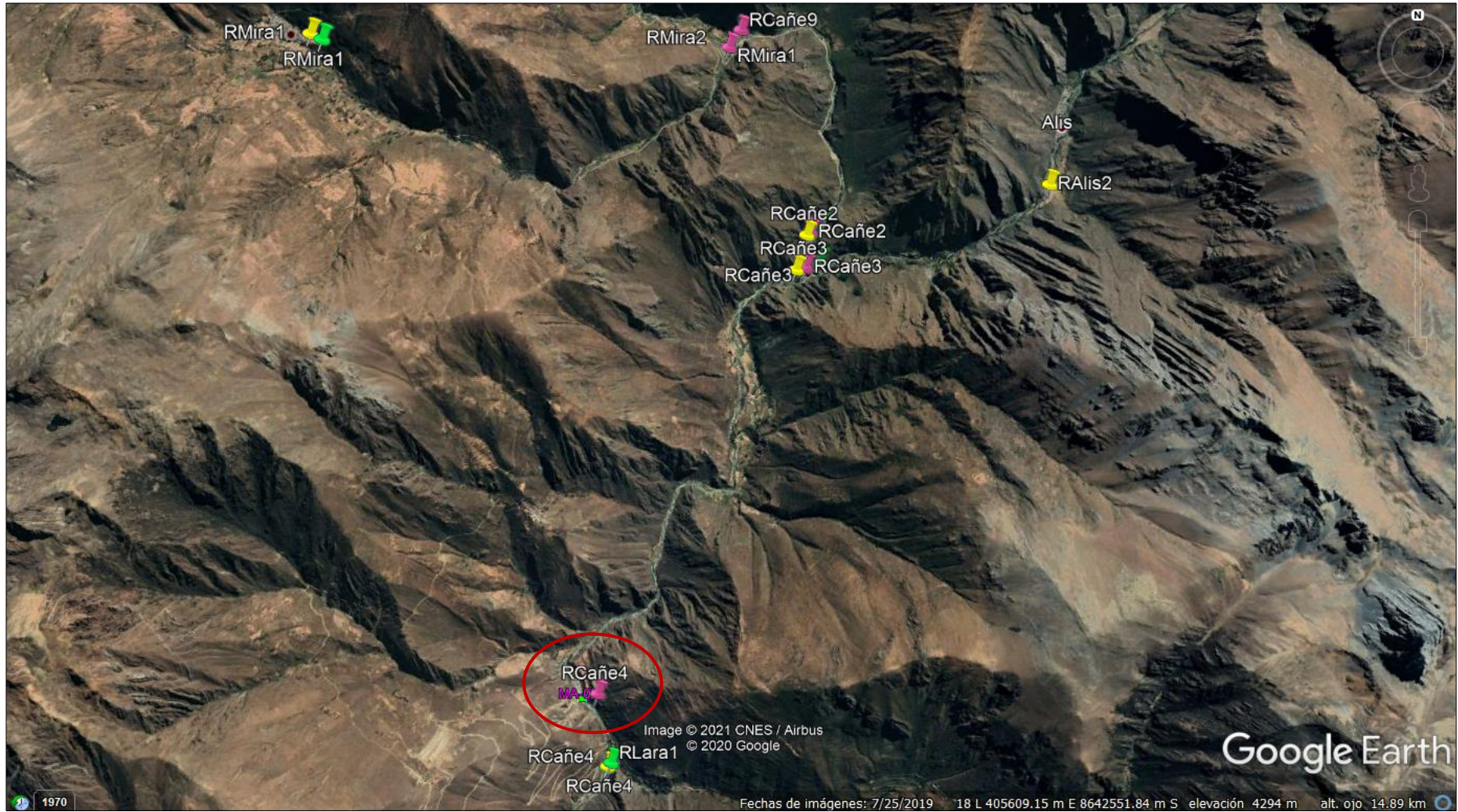
Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación MA-05



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono fucsia: junio 2013, Icono verde: diciembre 2014-2015. Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 49

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a la estación de la presente investigación MA-02



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono fucsia: junio 2013, Icono verde: diciembre 2014-2015. Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 50

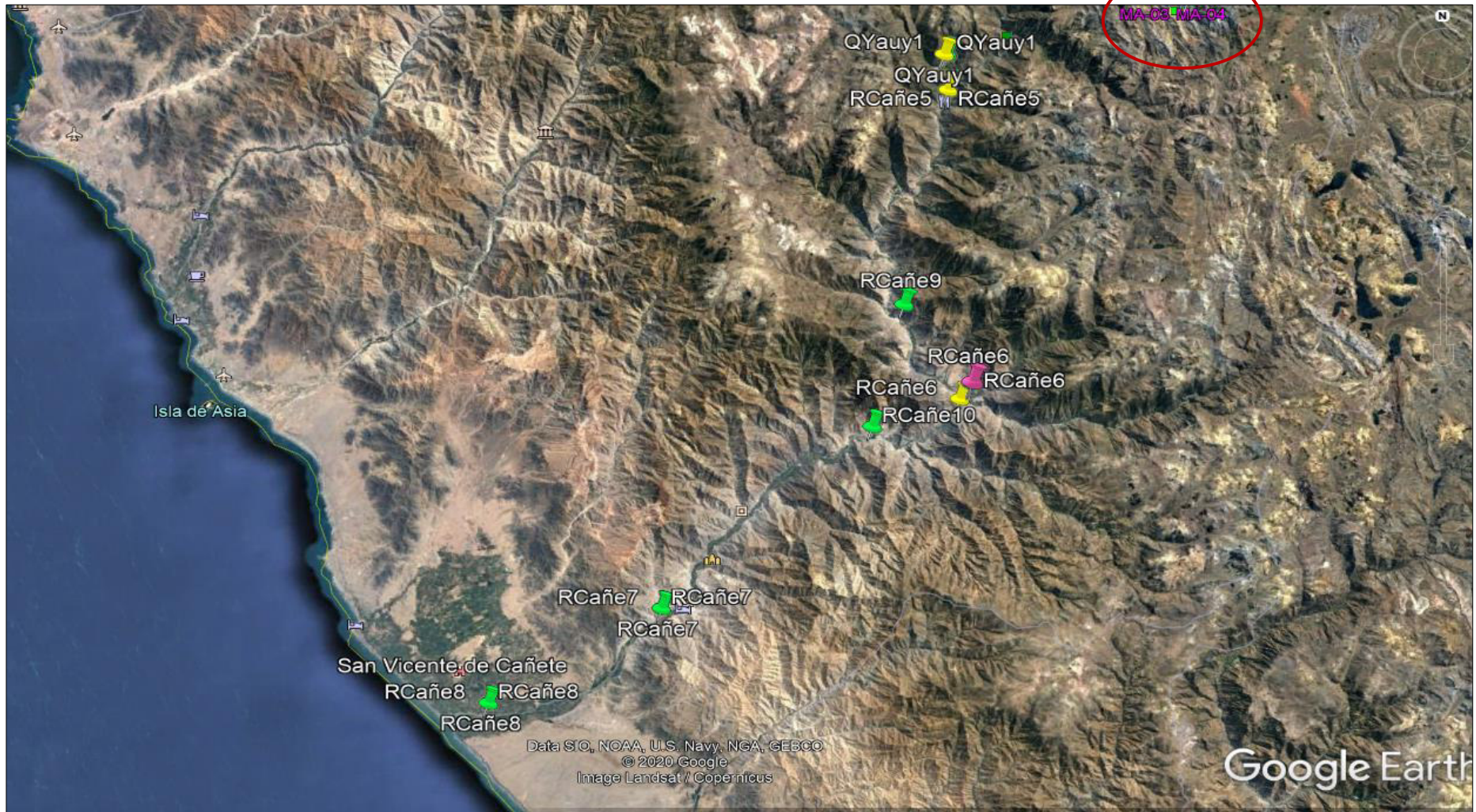
Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a las estaciones de la presente investigación MA-04, MA-03 y MA-01.



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono fucsia: junio 2013, Icono verde: diciembre 2014-2015. Fuente: Google Earth, 2021.

Figura 51

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua ANA con relación a las estaciones de la presente investigación MA-04 y MA-03



Nota. Icono amarillo: mayo 2013, Icono fucsia: junio 2013, Icono verde: diciembre 2014-2015. Fuente: Google Earth, 2021.

En la Tabla 49 se registran las estaciones de muestreo del ANA, consideradas representativas para su comparación con las estaciones del presente trabajo de investigación.

Tabla 49

Estaciones del ANA seleccionadas para comparación con las estaciones del presente trabajo de investigación

Estación de la investigación	Estaciones ANA			Referencia
	May-13	Jun-13	Dic-14 y Dic-15	
NOR HB 6	EPauc1	EPauc1	EPauc1	Ver Figura 39
NOR HB 3	RCañe1	RCañe1	RCañe1	Ver Figura 40
NOR HB 4	RAlis2	RAlis2	RAlis2	Ver Figura 41
MA-05	RCañe2	RCañe2	RCañe2	Ver Figura 42
MA-02	RCañe4	RCañe4	RCañe4	Ver Figura 43
MA-07	QTinc1	QTinc1	QTinc1	Ver Figura 41
MA-03	LPoma1	-	-	Ver Figura 44
MA-04	-	-	LPaco1	Ver Figura 44

En la Tabla 50 a la Tabla 90 y la Figura 52 a la Figura 85 se consignan los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se registraron en los períodos de toma de muestras de agua superficial: mayo, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. Con fines referenciales, estos han sido comparados con los ECA para agua vigentes aprobados con D.S. N° 004-2017-MINAM y en el caso de que en los ECA vigentes no contemplen el parámetro mencionado se han considerado también los ECA anteriores aprobados con D.S. N° 002-2008-MINAM y D.S. N° 015-2015-MINAM.

Tabla 50

Temperatura (°C) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Temperatura	Qyauyos	RAIis1	RAIis2	RAIis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMirra1	RMirra2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPacol1	LPoma1	EPauc1
May-13	14.7	7.8	11.7	SD	6.7	13.2	12.6	11.7	SD	12.4	12.3	14.8	20.1	22	21.5	SD	SD	SD	SD	11.1	8.8
Jun-13	13.41	8.82	12.2	SD	8.64	11.57	12.67	11	SD	12.5	13.06	14.11	19.96	21.56	20.8	11.72	SD	SD	SD	SD	9.93
Dic-14	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-15	17.4	12.5	14.3	10.4	8.93	13.1	17.35	11.5	11.7	16.06	16.43	18.19	22.98	23.44	22.33	18.3	20.85	15.08	12.6	SD	10.6
ECA-Cat.3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3
ECA-Cat.4	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3

Nota. SD: Sin dato. Fuente: monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 52

Temperatura (°C) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

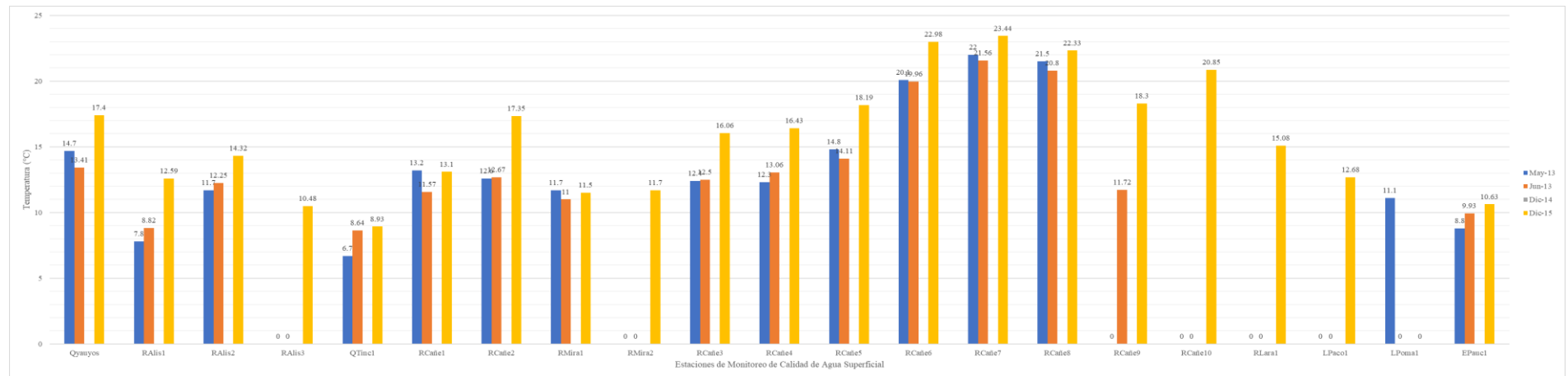


Tabla 51

Oxígeno disuelto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Oxígeno Disuelto	Qyauyos	RAI is1	RAI is2	RAI is3	QTi nc1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMi ra1	RMi ra2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCañ e10	RLa ra1	LPa co1	LPo ma1	EPa uc1
May-13	7.25	8.41	7.75	SD	7.48	7.92	7.89	7.38	SD	7.98	7.80	8.53	8.12	8.16	9.38	SD	SD	SD	SD	6.79	6.66
Jun-13	5.14	4.29	4.19	SD	3.72^a	4.44	4.25	3.4	SD	4.33	4.18	5.38	4.43	5.26	5.18	4.47	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-14	6.96	7.78	7.8	7.55	7.26	7.92	7.4	7.59	7.3	7.09	7.02	7.96	7.5	8.32	8.4	7.98	8.24	7.08	4.9	SD	6.37
Dic-15	6.47	7.94	8.33	7.18	7.43	7.9	8.78	7.56	7.2	8.03	7.54	9.13	7.59	8.33	9.29	6.78	8.04	7.27	6.18	SD	6.37
ECA3-D1	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	-	-	-
ECA3-D2	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	-	-
ECA4-E1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≥5	≥5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Cercano al MA-07.

Figura 53

Oxígeno disuelto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

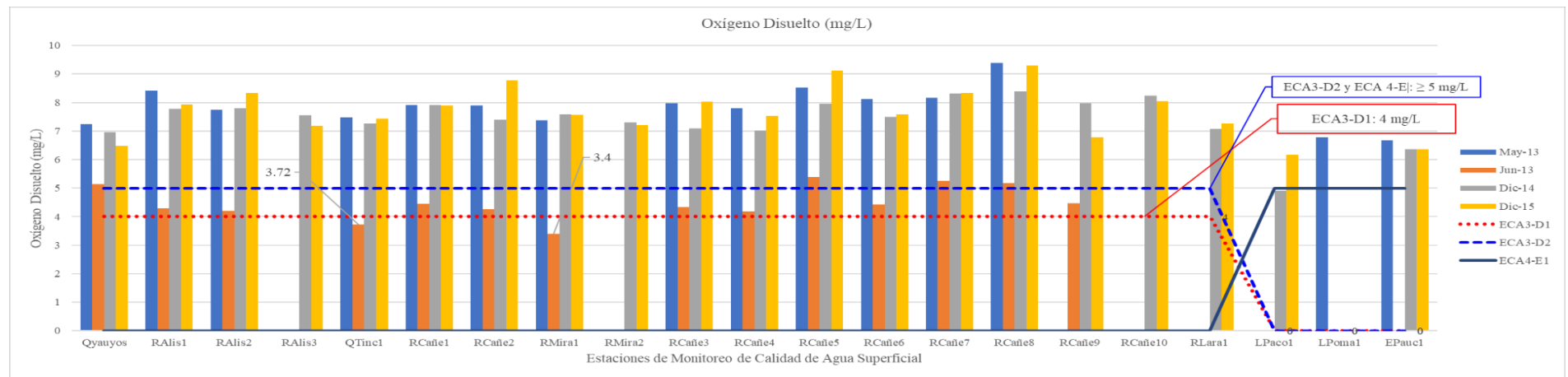


Tabla 52

Conductividad eléctrica (µS/cm) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Conductividad	Qyauyos	RAli s1	RAli s2	RAli s3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	Rmir a1	RMir a2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara a1	LPaco o1	LPoma ma1	EPauca uc1	
May-13	85.8	469	630	SD	424	379	372	99.2	SD	405	400	429	468	427	457	SD	SD	SD	SD	176.9	147.3	
Jun-13	270.3	417.9	558.5	SD	381.2	383.7	368.2	232.6	SD	468.4	464.4	237.4	431	420.2	415.3	319.8	SD	SD	SD	SD	132.4	
Dic-14	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
Dic-15	122.9	435.5	629	421.3	296.1	SD	SD	SD	SD	499.2	381.7	502.1	478.8	438.8	631.5	449.9	488.9	296.5	663.8	SD	SD	
ECA-D1	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	-	-	-
ECA-D2	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	-	-	-
ECA4-E1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	1000	1000

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 54

Conductividad eléctrica (µS/cm) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

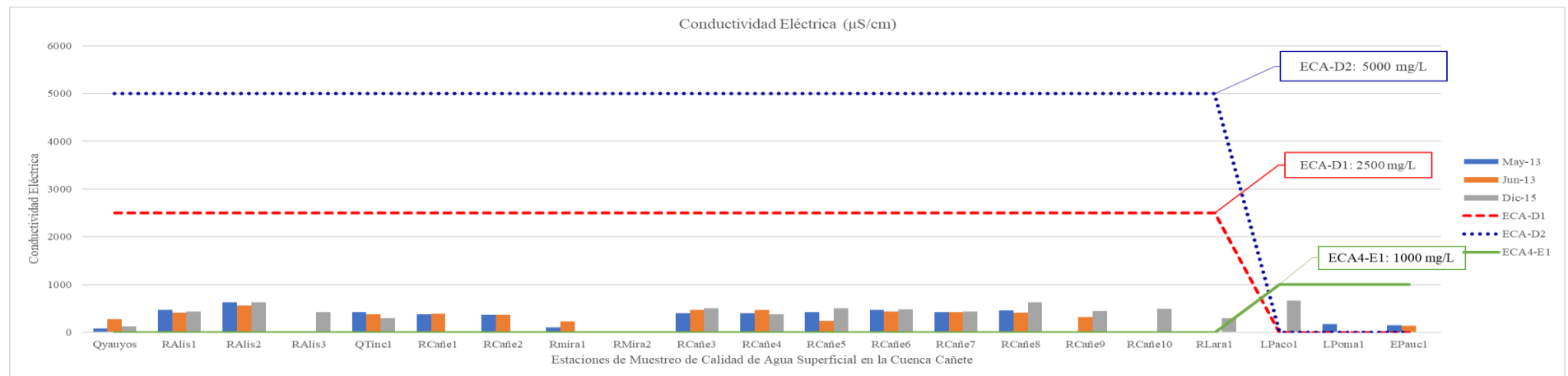


Tabla 53

Potencial hidrógeno en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Potencial Hidrógeno	Qyauyos	RAIis1	RAIis2	RAIis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1	
May-13	8.03	8.81	8.4	SD	8.55	8.78	8.27	8.18	SD	8.63	8.7	8.12	8.38	8.52	8.65	SD	SD	SD	SD	8.58	7.48	
Jun-13	8.1	8.65	8.52	SD	8.81	8.66	8.58	8.45	SD	8.52	8.57	8.55	8.31	7.24	7.3	8.66	SD	SD	SD	SD	7.98	
Dic-14	7.5	8.5	8.43	8.35	8.09	8.46	8.5	8.07	7.29	8.46	8.49	8.45	8.26	8.42	8.31	8.44	8.25	8.35	7.8	SD	7.64	
Dic-15	8.37	8.59	8.43	8.54	8.69	8.43	8.51	8.05	7.26	8.34	8.48	8.46	8.35	8.42	8.32	8.51	8.37	8.46	8.2	SD	7.62	
ECA3,4-LiD1D2E1	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	
ECA3-LsD2	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	-	-	-	
ECA3-LsD1	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	-	-	-	
ECA4-LsE1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9	9

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. (RCañe1: NOR HB3), (RALis2: NOR HB4), (RCañe2: MA-05), (MA-02: RCañe4, MA-03: LPoma1 y MA-04: LPaco1), (QYauyos, RCañe5: MA-01).

Figura 55

Potencial hidrógeno en el agua superficial de las estaciones de muestreo

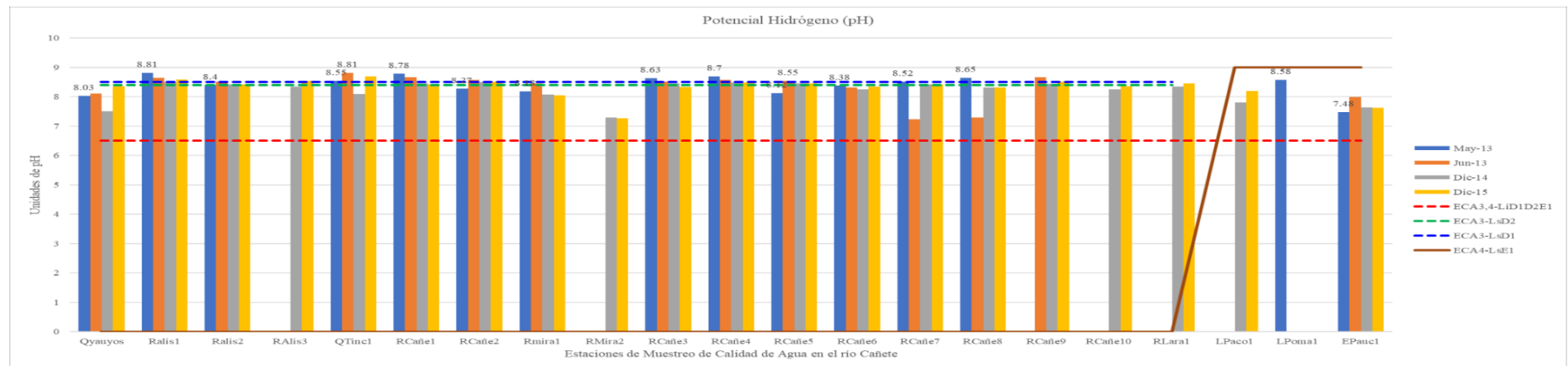


Tabla 54

Coliformes fecales (NMP/100mL) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Coliformes Fecales	Qyauyos	RAI is1	RAI is2	RAI is3	QTinc1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMi ra1	RMi ra2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCañ e10	RLa ra1	LPac o1	LPo ma1	EPa uc1	
May-13	280	16000	79	SD	7.8	4.5	4	3500	SD	330	170	110	1300	330	220	SD	SD	SD	SD	SD	23	11
Jun-13	2300	230	22	SD	790	130	230	23	SD	70	140	33	7000	790	490	79	SD	SD	SD	SD	SD	1.8
Dic-14	13000	SD	SD	SD	SD	1.8	SD	49	49	14	22	700	SD	SD	1.8	SD	SD	SD	SD	SD	SD	12.04
Dic-15	330000	790	4	2	4.5	SD	1.8	SD	SD	1.8	14	230	790	33	490	23	1100	79	1.8	SD	SD	
ECA3-LiD1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ECA3-LsD1	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
ECA3-D2	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ECA4-E1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. (RCañe1: NOR HB3), (RALis1: NOR HB4).

Figura 56

Coliformes fecales (NMP/100mL) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

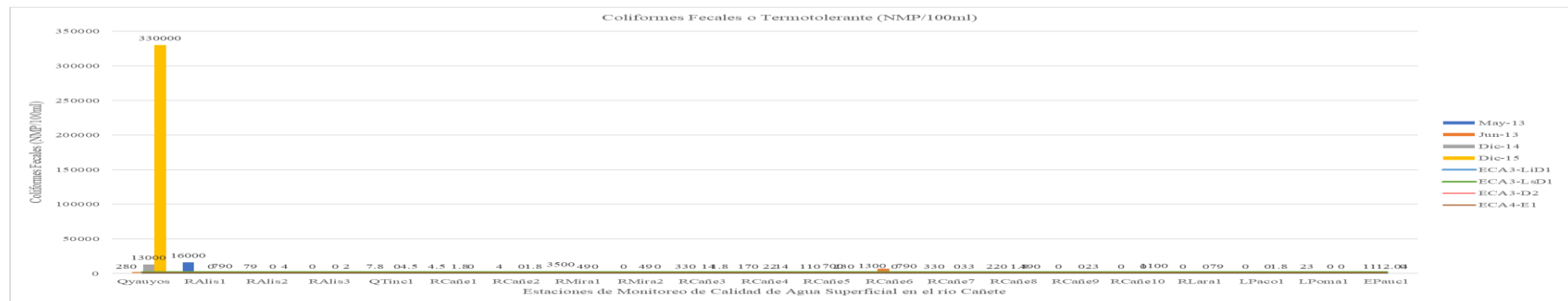


Tabla 55

Sólidos suspendidos totales (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Sólidos Totales en Suspensión	Qyayuos	RAI is1	RAI is2	RAI is3	QTi nc1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMi ra1	RMi ra2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLa ra1	LPa co1	LPo ma1	EPa uc1
May-13	3	54	22	SD	6	3	3	3	SD	4	3	3	3	4	3	SD	SD	SD	SD	3	11
Jun-13	1	1	4	SD	2	2	1	1	SD	3	3	1	1	2	1	2	SD	SD	SD	SD	78
Dic-14	SD	7.69	3	7.77	4.75	3	3	7.07	8.56	SD	9	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	4.39	SD
Dic-15	1.4	1	1	1	5.6	2.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1.3	1	1	2.7	SD	2.2
ECA- Categoría 4 ^a	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. (RCañe1: NOR HB3), (RALis2: NOR HB4). ^a Se ha aplicado el ECA-Categoría 4: Lagos y Lagunas debido a que no existe valor para la categoría 3.

Figura 57

Sólidos suspendidos totales (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

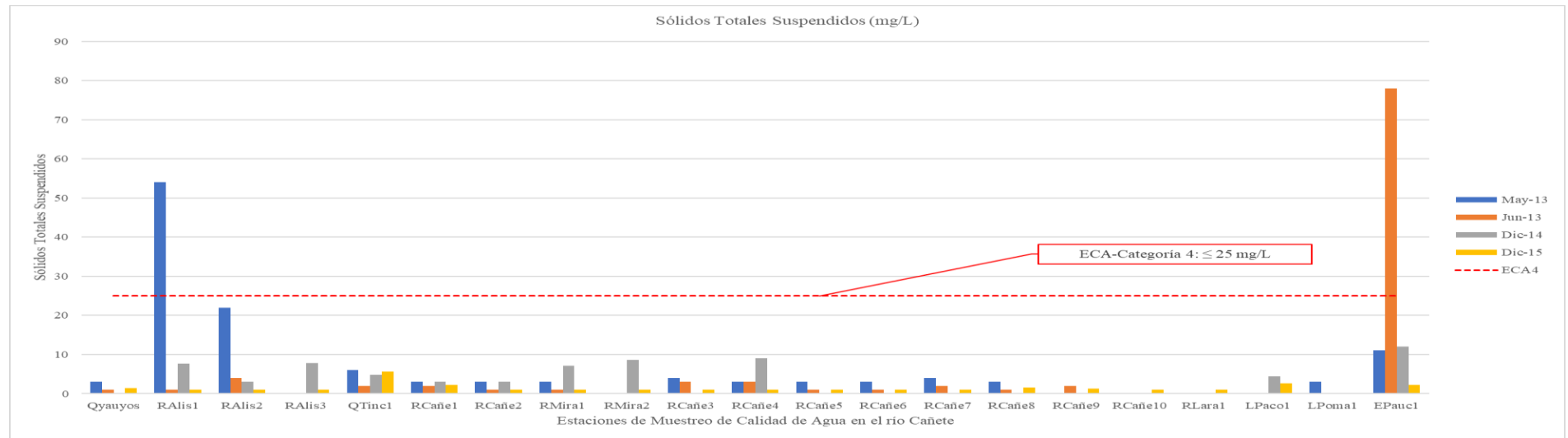


Tabla 56

Concentración de nitrógeno total (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Nitrógeno Total	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	1	1	1	SD	1	1	1	1	SD	1	1	1	1	1	1	SD	SD	SD	SD	1	1	
Jun-13	0.6	0.52	0.52	SD	0.56	0.35	0.46	0.28	SD	0.32	0.28	0.6	0.38	0.7	0.84	0.05	SD	SD	SD	SD	0.24	
Dic-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.62	SD	1	
Dic-15	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	2.138	SD	0.876
ECA-Cat.4 ^a (2008)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	
ECA-Cat.4 ^a (2017)	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. (RCañe1: NOR HB3), (RALis1: NOR HB4). ^a Se ha aplicado el ECA-Categoría 4: Lagos y Lagunas debido a que no existe valor para la categoría 3.

Figura 58

Concentración de nitrógeno total (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

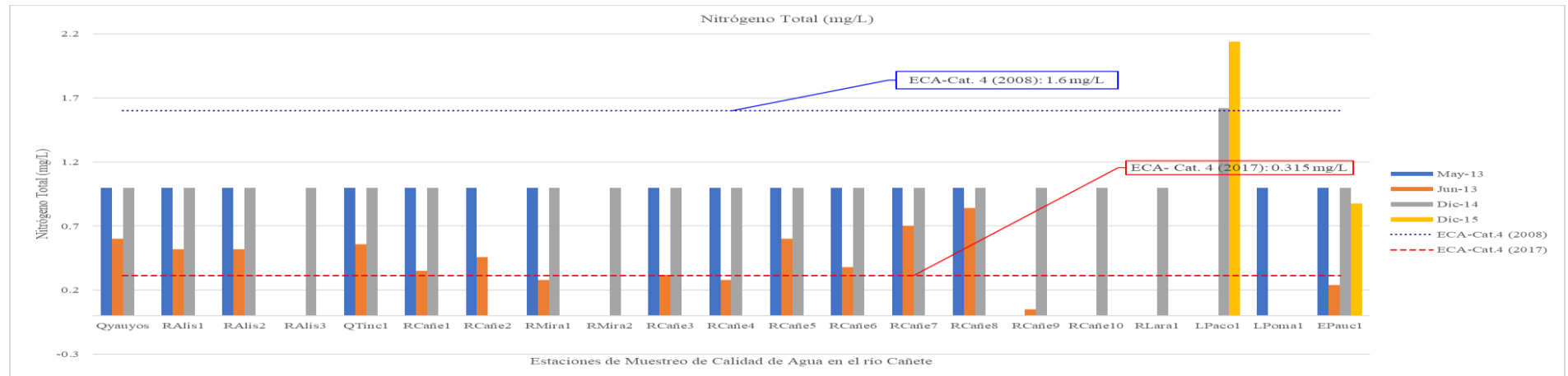


Tabla 57

Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Nitrógeno Amoniacal	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1
May-13	0.0017	0.01	0.01	SD	0.01	0.01	0.01	0.01	SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	SD	SD	SD	SD	0.01	0.01
Jun-13	0.03	0.01	0.23	SD	0.12	0.25	0.27	0.03	SD	0.07	0.03	0.04	0.03	0.22	0.19	0.05	SD	SD	SD	SD	0.01
Dic-14	0.025	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.801	SD	<0.020
Dic-15	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.776	SD	0.0377
ECA-4 ^a (2008)	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. (RCañe1: NOR HB3), (RALis2: NOR HB4). ^a Se ha aplicado el ECA-Categoría 4: Lagos y Lagunas debido a que no existe valor para la categoría 3.

Figura 59

Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

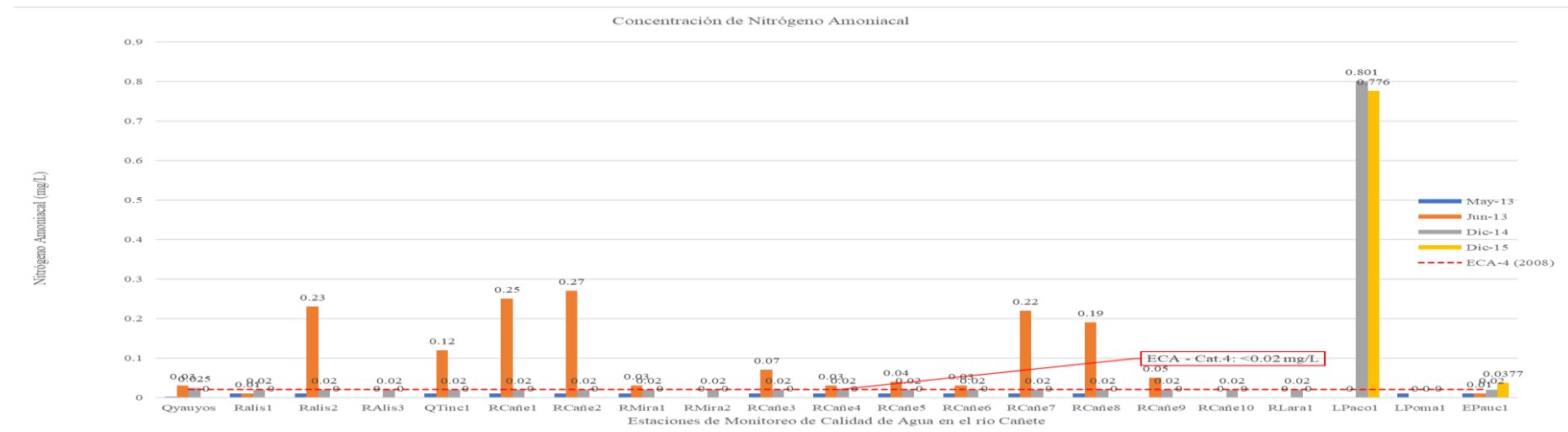


Tabla 58

Concentración de sulfuros (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Sulfuro	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMir1	RMir2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002	0.002	
Jun-13	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-14	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	SD	<0.002
Dic-15	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	SD	<0.002
ECA-4 2017 ^a	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. (RCañe1: NOR HB3), (RAlis1: NOR HB4).

^a Se ha aplicado el ECA-Categoría 4: Lagos y Lagunas debido a que no existe valor para la categoría 3.

Figura 60

Concentración de sulfuros (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

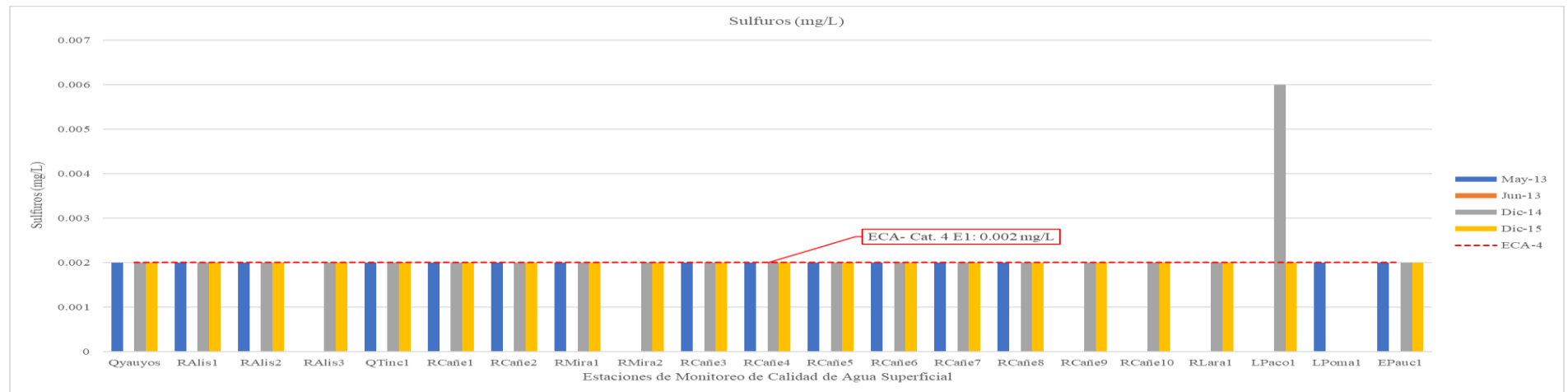


Tabla 59

Demanda química de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

Demanda Química de Oxígeno	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	9	9	9	SD	9	9	9	9	SD	9	9	9	9	9	9	SD	SD	SD	SD	9	9	
Jun-13	8	8	8	SD	8	8	8	8	SD	12	8	8	8	8	8	8	SD	SD	SD	8	8	
Dic-14	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	SD	10
Dic-15	<6	20.2	16.1	12.1	20.2	12.1	16.1	12.1	12.1	16.1	20.2	12.1	<6	<6	12.1	8.1	<6	12.1	NR	SD	NR	
ECA - Cat.3 (2017)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 61

Demanda química de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

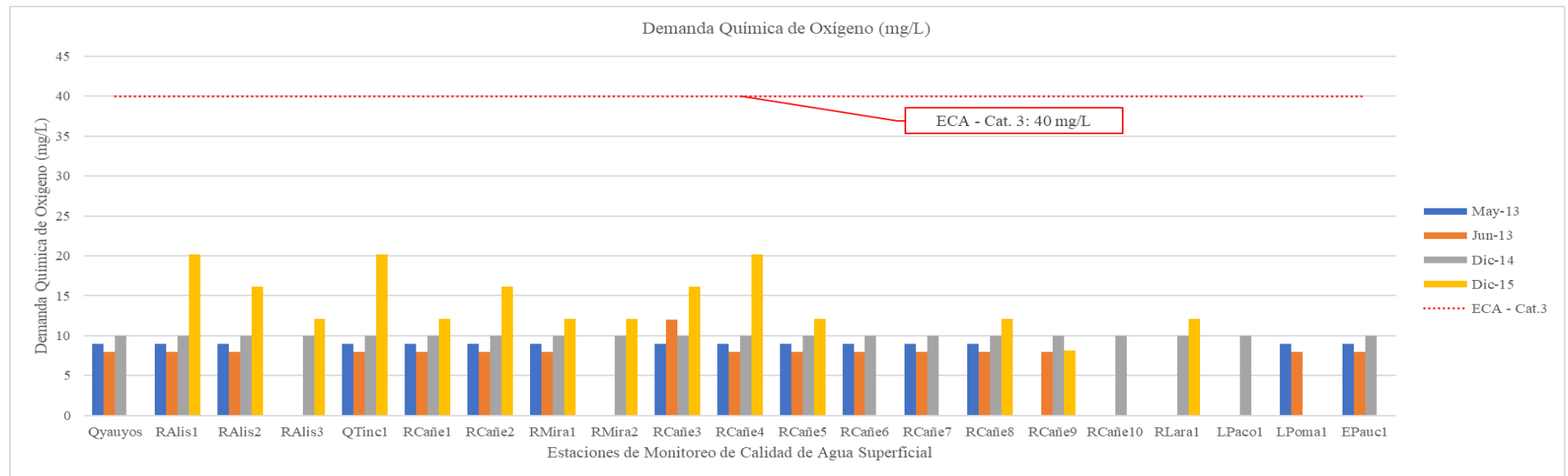


Tabla 60

Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

DBO	Qyau yos	RAlis 1	RAlis 2	RAlis 3	QTin c1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1
May-13	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	6	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Jun-13	1	1	1	SD	1	1	1	1	SD	1	1	1	1	3	1	1	SD	SD	SD	SD	1
Dic-14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dic-15	<3	<3	<3	3.6	3	3.8	<3	6	4	3.7	3.5	<3	<3	<3	5	<3	<3	4	6.9	SD	4
ECA - Cat.3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ECA Cat.4- E2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	-
ECA Cat.4- E1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 62

Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de muestreo

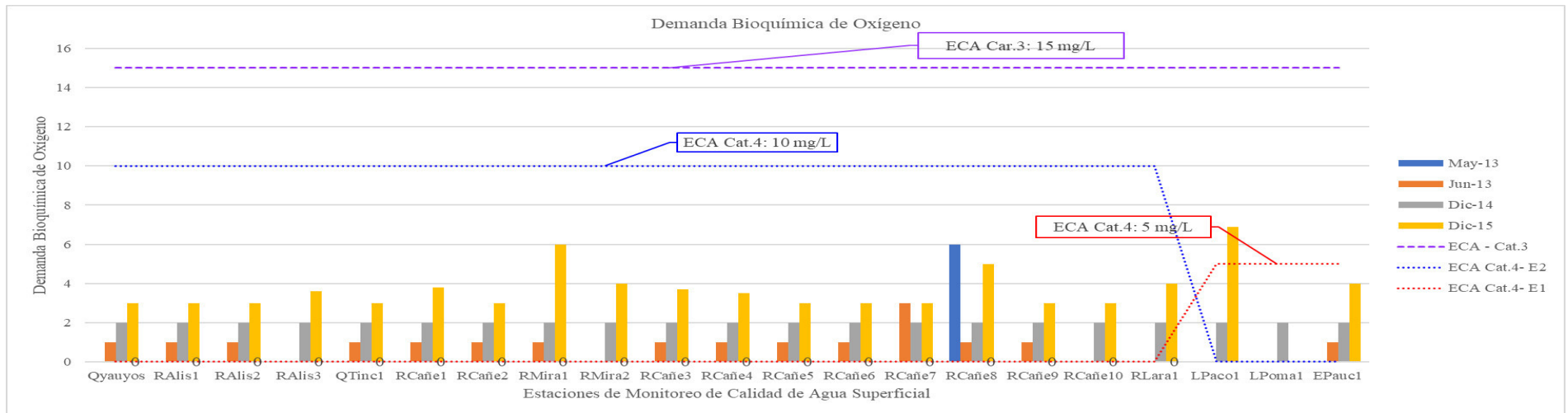


Tabla 61

Cianuro wad (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Cianuro Wad	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002	0.002	
Jun-13	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-14	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	SD	<0.006
Dic-15	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	SD	SD	SD
ECA-Cat.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 63

Cianuro wad (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

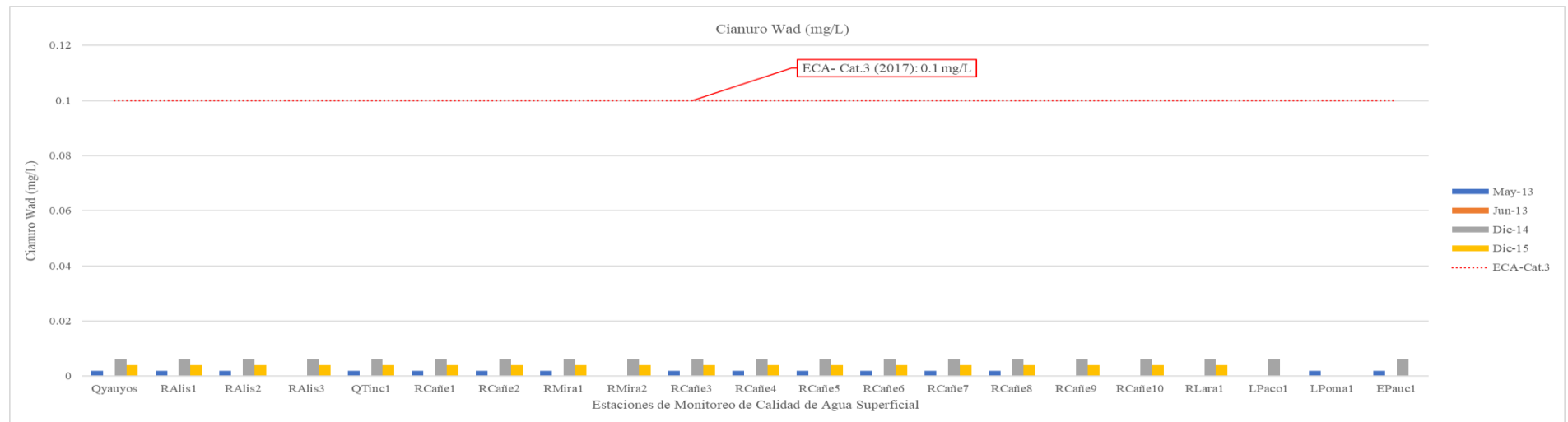


Tabla 62

Concentración de cianuro libre en la laguna Pacocha y el embalse Paucarcocha

Cianuro Libre	EPauc1	LPaco1
Dic-14	<0.004	<0.004
Dic-15	<0.004	<0.004
ECACat.4-E1 (2017)	0.0052	0.0052
ECACat.4-E1 (2008)	0.022	0.022

Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 64

Concentración de cianuro libre en la laguna Pacocha y el embalse Paucarcocha

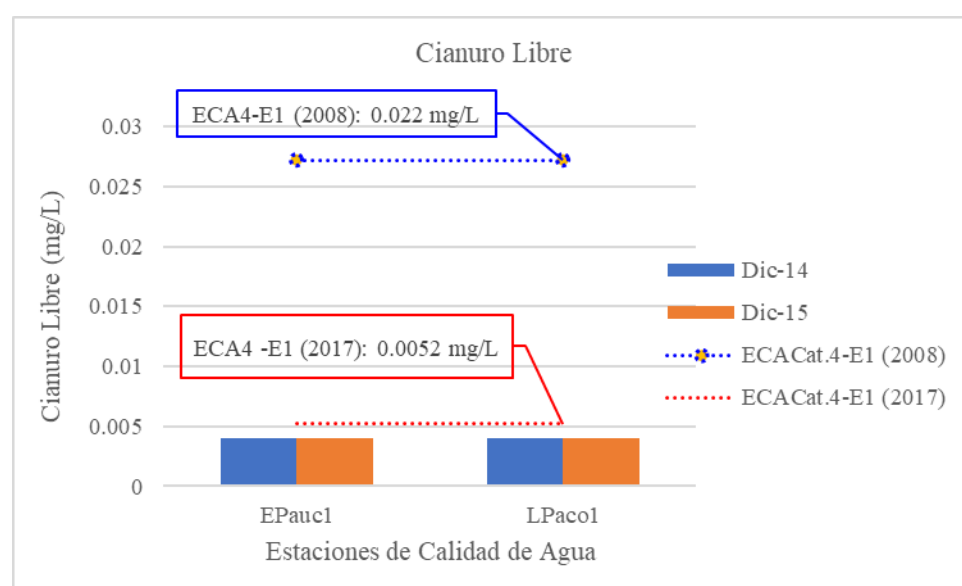


Tabla 63

Nitratos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de Monitoreo

Nitrato	Qyauyos	Ralis 1	Ralis 2	RALis 3	QTinc1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1
May-13	0.792	0.166	0.336	SD	0.108	0.081	0.062	0.062	SD	0.16	0.481	0.204	1.838	0.515	0.621	SD	SD	SD	SD	0.062	0.062
Jun-13	0.6	0.52	0.52	SD	0.56	0.08	0.46	0.28	SD	0.32	0.28	0.6	0.38	0.7	0.84	0.14	SD	SD	SD	SD	0.16
Dic-14	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.321	0.232	<0.03	<0.03	<0.03	0.264	1.381	SD	<0.03
Dic-15	<0.05	0.103	0.197	0.107	0.136	0.214	0.152	0.867	0.507	0.261	0.158	<0.05	0.668	0.364	1.267	0.200	0.156	0.234	0.556	SD	0.227
ECA - Cat. 4 E1 y E2 ^a	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. a Se ha aplicado el ECA-Categoría 4: E1: Lagos y Lagunas y E2: Ríos debido a que no existe valor para la categoría 3.

Figura 65

Nitratos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

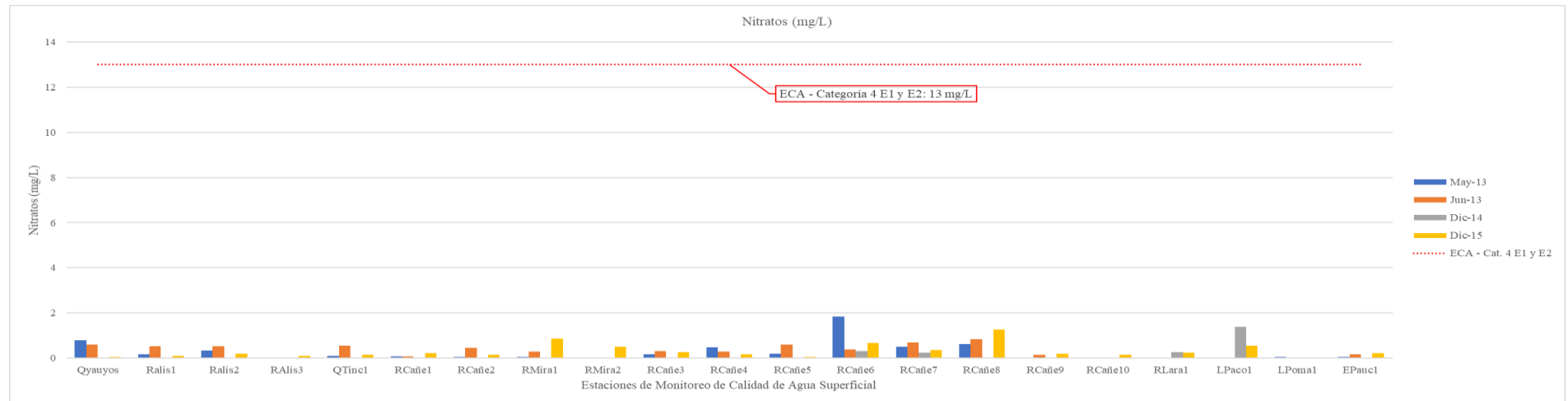


Tabla 64

Fosfatos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Fosfato	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1
May-13	0.038	0.038	0.038	SD	0.038	0.038	0.038	0.038	SD	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	SD	SD	SD	SD	0.038	0.038
Jun-13	0.124	0.048	0.029	SD	0.125	0.032	0.007	0.007	SD	0.007	0.007	0.074	0.08	0.007	0.126	0.066	SD	SD	SD	SD	0.129
Dic-14	<0.030	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.075	<0.03	SD	<0.03
Dic-15	0.25	0.008	<0.00	<0.00	0.010	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.007	0.009	<0.00	0.011	<0.00	0.022	0.014	0.010	0.013	0.144	SD	<0.00
ECA-Cat.3 ^a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ECA-Cat.4E1 ^b	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ECA-Cat.4E2 ^c	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Categoría 3: Riego de Vegetales del ECA D.S. 002-2008-MINAM. ^b Categoría 4: E1: Lagos y Lagunas del ECA D.S. 002-2008-MINAM. ^c Categoría 4: E2: Ríos del ECA D.S. 002-2008-MINAM.

Figura 66

Fosfatos (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

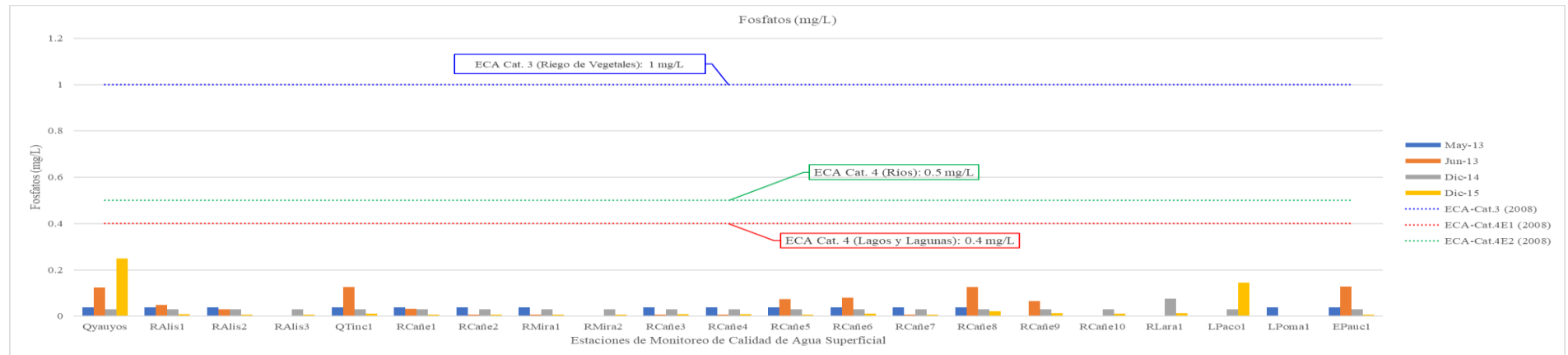


Tabla 65

Aceites y grasas (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Aceites y Grasas	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	1.7	1.7	1.7	SD	1.7	1.7	1.7	1.7	SD	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	SD	SD	SD	SD	1.7	1.7	
Jun-13	1	1	1	SD	1	1	1	1	SD	1	1	1	1	1	1	1	SD	SD	SD	SD	1	
Dic-14	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	SD	<0.5
Dic-15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	SD	<1
ECA Cat. 3 ^a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ECA Cat. 3 D1 ^b y Cat.4 ^c	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ECA Cat. 3 D2 ^d	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

^aECA Categoría 3: Riego de Vegetales del D.S. 002-2008-MINAM. debido a que no existe valor para la categoría 3. ^bECA Categoría 4: 1: Lagos y Lagunas. ^cECA Categoría 4: E2: Ríos

Figura 67

Aceites y grasas (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

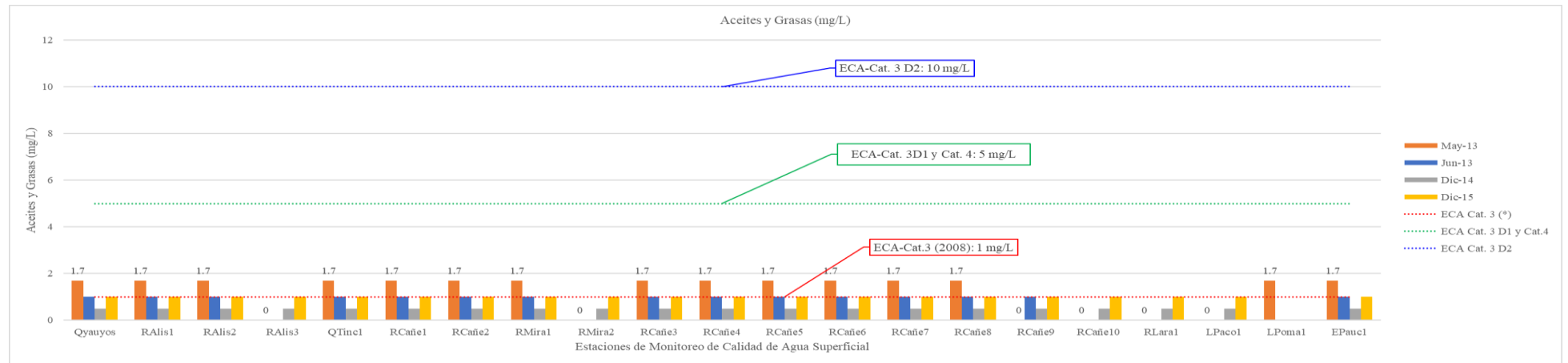


Tabla 66

Aluminio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Aluminio	Qyauyos	Ralis1	Ralis2	RALIS3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMir1	RMir2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.06	0.72	0.23	SD	0.11	0.06	0.06	0.07	SD	0.11	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	SD	SD	SD	SD	SD	0.06	0.33
Jun-13	0.037	0.032	0.011	SD	0.129	0.009	0.013	0.008	SD	0.014	0.016	0.022	0.022	0.032	0.021	0.019	SD	SD	SD	SD	SD	0.54
Dic-14	0.18	0.059	<0.01	0.092	0.039	0.02	<0.01	0.16	0.17	0.013	<0.01	0.04	0.03	0.5	0.39	0.41	0.31	0.03	0.19	SD	0.16	
Dic-15	0.157	0.058	0.006	0.098	0.030	0.06	<0.005	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.01	0.033	0.245	SD	0.061	
ECA Cat. 3 D1 y D2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015

Figura 68

Aluminio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

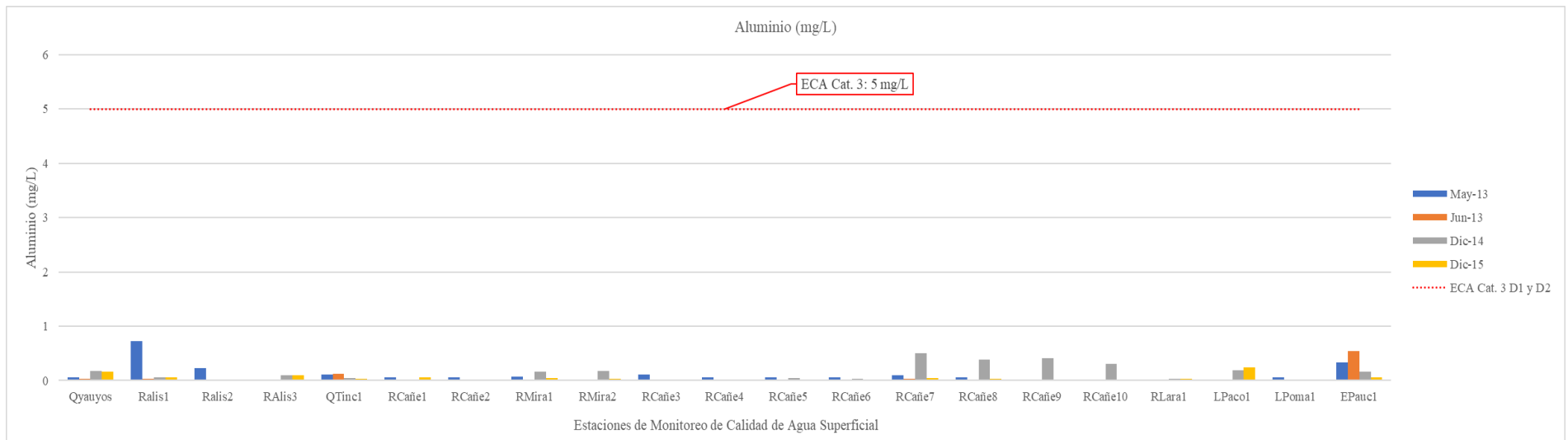


Tabla 67

Antimonio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Antimonio	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMir1	RMir2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.0025	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002	0.002	
		5	5		5	5	5	5		5	5	5	5	5	5					5	5	
Jun-13	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002	
Dic-14	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-15	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	0.023	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	0.322	SD	<0.006	
		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2	6	6	6	6	8		6	
ECA Cat.4 - E1 y E2	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 69

Antimonio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

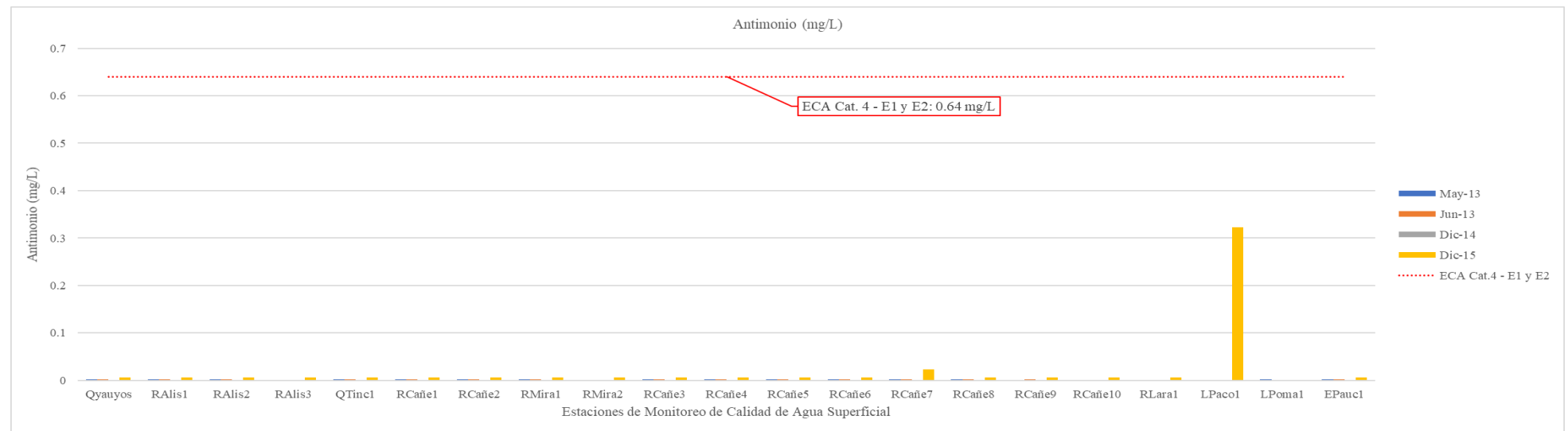


Tabla 68

Arsénico (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Arsénico	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.007	0.011	0.014	SD	0.003	0.007	0.007	0.003	SD	0.009	0.004	0.008	0.004	0.007	0.005	SD	SD	SD	SD	0.003	0.003	
Jun-13	0.006	0.002	0.007	SD	0.012	0.006	0.014	0.004	SD	0.009	0.01	0.01	<0.002	0.008	0.008	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002	
Dic-14	0.006	0.009	0.014	0.014	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	0.009	0.003	0.007	<0.001	0.002	0.001	<0.001	SD	<0.001	0.00408	SD	<0.001	
Dic-15	<0.007	<0.007	0.017	<0.007	<0.007	0.0082	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.3173	SD	<0.007
ECA Cat.3 - D1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
ECA Cat.3 - D2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
ECA Cat.4 - E1 y E2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 70

Arsénico (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

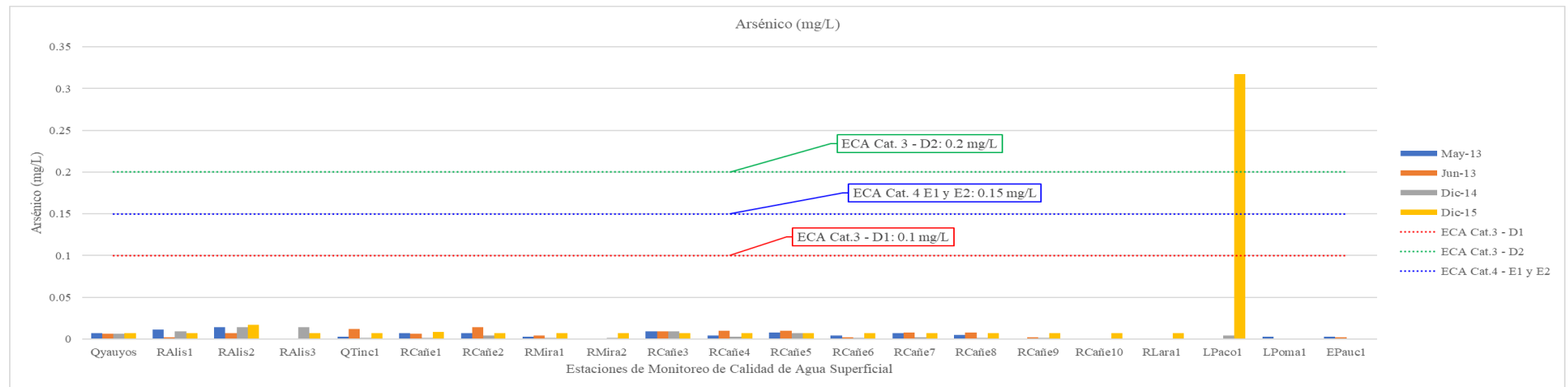


Tabla 69

Bario (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Bario	Qyau yos	RAlis 1	RAlis 2	RAlis 3	QTin c1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1
May-13	0.006	0.032	0.035	SD	0.025	0.041	0.033	0.006	SD	0.035	0.029	0.019	0.035	0.021	0.044	SD	SD	SD	SD	0.109	0.032
Jun-13	0.008	0.026	0.023	SD	0.02	0.03	0.023	0.026	SD	0.024	0.025	0.029	0.028	0.031	0.031	0.008	SD	SD	SD	SD	0.027
Dic-14	<0.00 2	0.021	0.028	0.016	0.017	0.03	0.026	<0.00 2	<0.00 2	0.026	0.023	0.028	0.029	0.032	0.034	0.028	0.028	0.021	0.032	SD	0.025
Dic-15	0.006	0.018	0.03	0.018	0.021	0.03	0.034	0.006	0.008	0.032	0.027	0.031	0.028	0.028	0.048	0.026	0.025	0.022	0.037 9	SD	0.017
ECA Cat. 3 - D1 y Cat. 4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Figura 71

Bario (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

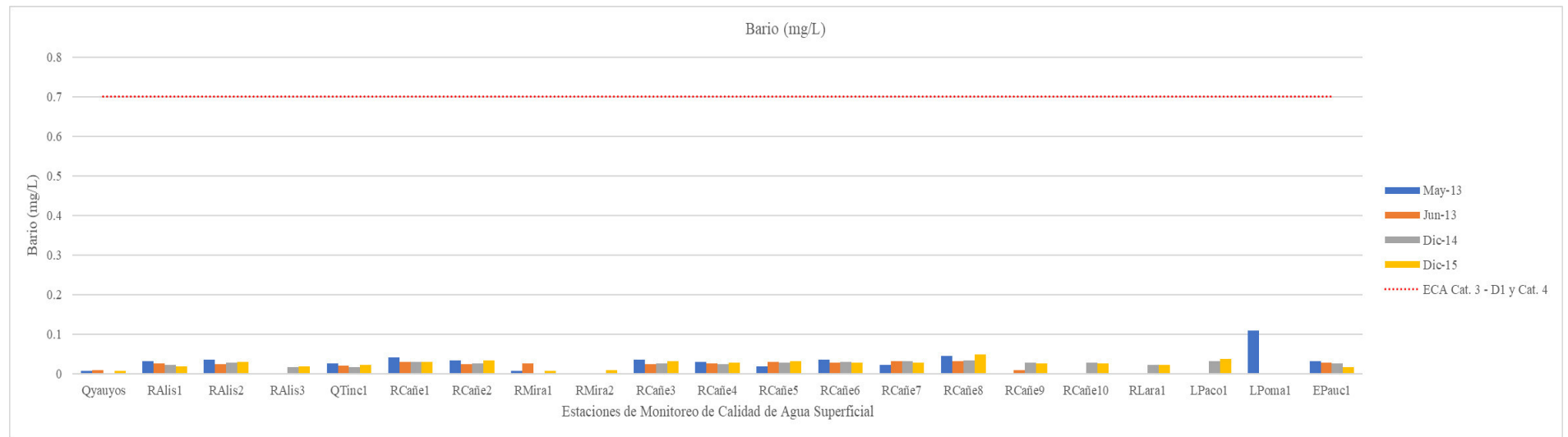


Tabla 70

Berilio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Berilio	Qyau yos	RAlis 1	RAlis 2	RAlis 3	QTin c1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1
May-13	0.000 3	0.000 3	0.000 3	SD	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	SD	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	0.000 3	SD	SD	SD	SD	0.000 3	0.000 3
Jun-13	0.000 5	0.000 5	0.000 5	SD	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	SD	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	0.000 5	SD	SD	SD	0.000 5	0.000 5
Dic-14	<0.00 02	<0.00 02	0.000 235	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	0.000 32	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	<0.00 02	0.000 8	SD 02
Dic-15	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	<0.00 05	SD 05
ECA Cat. 3 ^a	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Figura 72

Berilio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

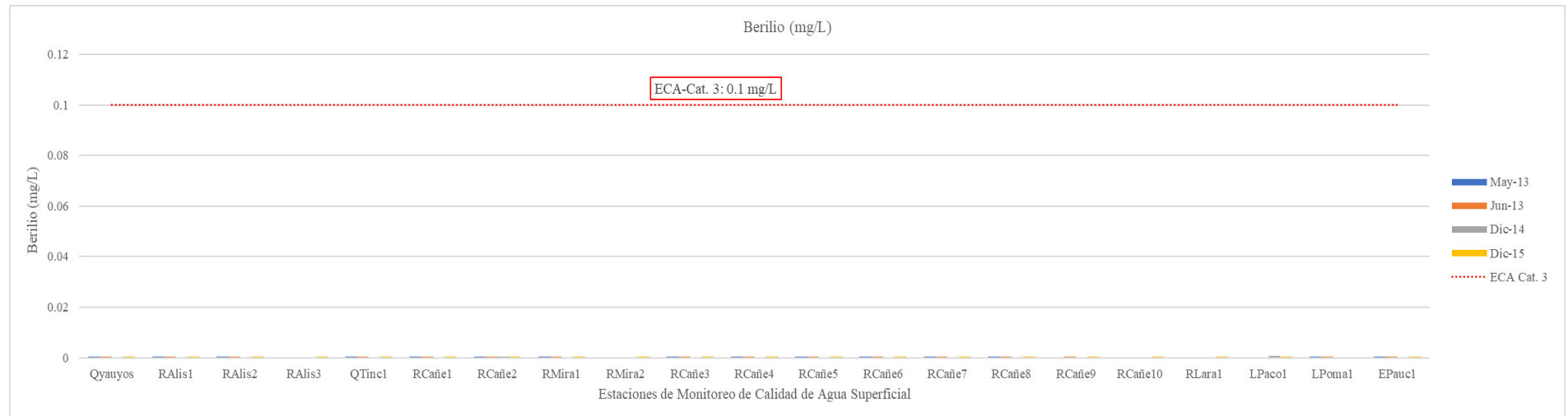


Tabla 71

Boro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Boro Total	Qyau yos	RAlis 1	RAlis 2	RAlis 3	QTin c1	RCa ñe1	RCa ñe2	Rmir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1
May-13	0.04	0.03	0.3	SD	0.03	0.21	0.23	0.03	SD	0.27	0.12	0.16	0.43	0.23	0.37	SD	SD	SD	SD	0.03	0.07
Jun-13	0.094	0.008	0.117	SD	0.012	0.122	0.182	0.12	SD	0.177	0.156	0.179	0.151	0.219	0.218	0.101	SD	SD	SD	SD	0.032
Dic-14	0.063	0.009	0.264	0.01	0.005	0.192	0.168	0.021	0.033	0.236	0.112	0.214	0.222	0.262	0.277	0.177	0.182	0.005	0.034	SD	0.05
Dic-15	0.085	0.019	0.245	0.054	<0.00	0.179	0.192	0.297	0.170	0.229	0.103	0.256	0.191	0.241	0.257	0.234	0.234	<0.00	0.035	SD	0.053
ECA Cat. 3 - D1 ^a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ECA Cat. 3 - D2 ^b	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Sub-categoría D1: Riego de Vegetales de la Categoría 3 del ECA D.S. 004-2017-MINAM. ^b Sub-categoría D2: Bebida de Animales de la Categoría 3 del ECA D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 73

Boro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

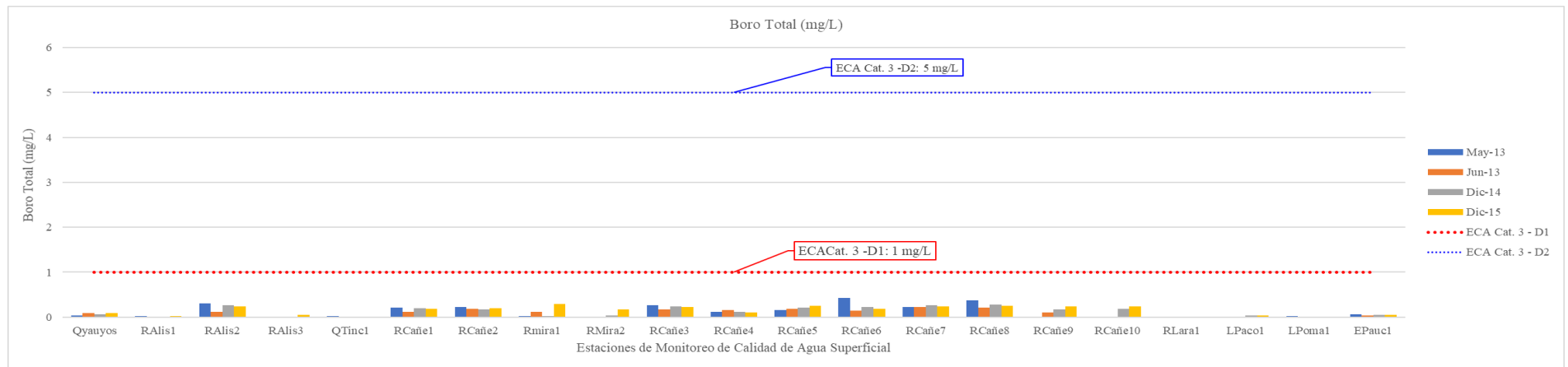


Tabla 72

Calcio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Calcio	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	EPauc1	LPoma1	RCañe9	RCañe10	LPaco1	RLara1	
May-13	10.46	95.48	118.5	SD	87.60	66.03	63.88	18.17	SD	87.53	69.79	65.12	54.84	57.92	70.57	28.56	42.76	SD	SD	SD	SD	
		3	85		6	9	6	9		1	2	5	2	8	9	8	4					
Jun-13	12.92	66.79	50.8	SD	65.91	20.88	82.01	54.81	SD	69.97	67.53	62.38	62.41	61.08	52.78	64.38	SD	39.38	SD	SD	SD	
Dic-14	5.69	78.67	108.5	76.54	54.44	59.4	56.13	9.17	14.07	79.47	65.18	59.46	58.61	51.12	53.12	22.11	SD	42.3	43.35	112.1	47.78	
			4				427													9		
Dic-15	10.28	56.32	98.6	60.99	52.29	50.3	60.33	29.34	45.36	78.1	64.2	66.7	61.98	55.5	76.59	18.14	SD	63.29	59.89	118.3	49.4	
ECA Cat.3 -D1 ^a (2008)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 002-2008-MINAM Categoría 3: D1- Riego de Vegetales debido a que no existe un valor límite para el ECA vigente.

Figura 74

Calcio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

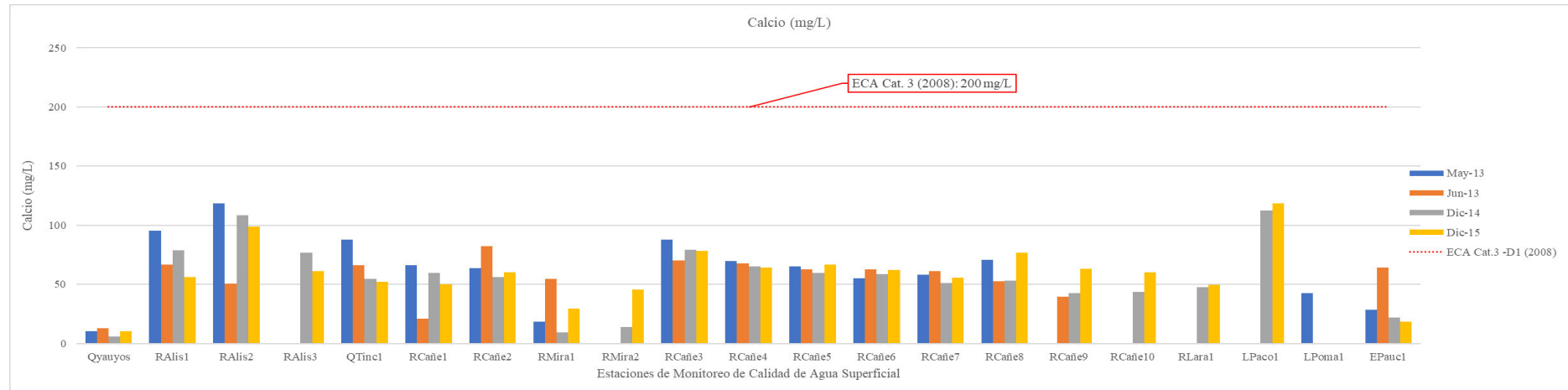


Tabla 73

Cadmio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Cadmio	QYayuyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1	
May-13	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	SD	SD	SD	0.000	0.000	
	6	6	6		6	6	6	6		6	6	6	6	6	6					6	6	
Jun-13	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	SD	SD	0.001	0.001	
Dic-14	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.00478	SD	<0.0004
Dic-15	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0028	SD	<0.0001
ECA Cat. 3 -D1 ^a	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ECA Cat. 3 -D2 ^b	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ECA Cat. 4 - E1 y E2 ^c	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025	0.00025

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Sub-categoría riego restringido de la Categoría 3: Riego de Vegetales del ECA D.S. 004-2017-MINAM. ^b Sub-categoría riego no restringido de la Categoría 3: Riego de Vegetales del ECA D.S. 004-2017-MINAM. ^c Categoría 4: Bebida de Animales del ECA D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 75

Cadmio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

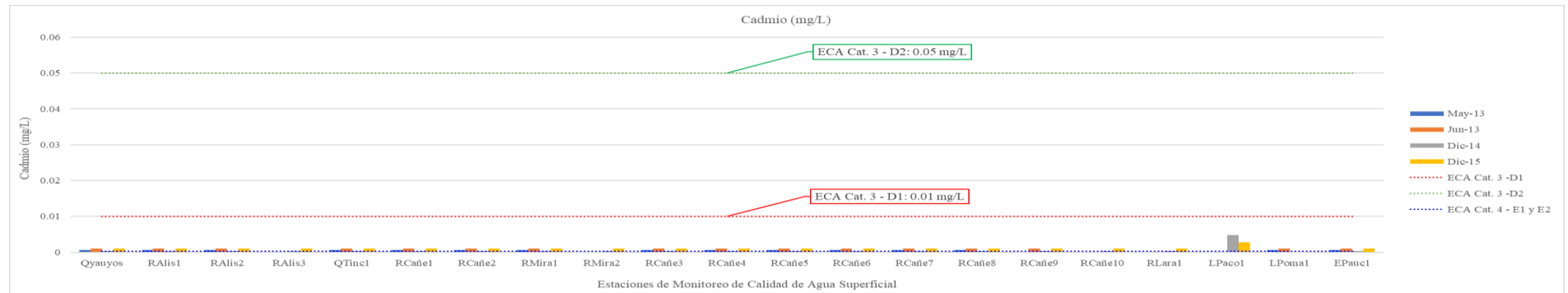


Tabla 74

Cobalto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Cobalto	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1
May-13	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	SD	SD	SD	0.000	0.000
	22	83	23		22	22	22	22		22	22	22	22	22	22					22	22
Jun-13	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	SD	SD	0.001	0.001
Dic-14	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.007	SD	<0.00
	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	16	03
Dic-15	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.003	SD	<0.00
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5		1
ECA Cat. 3 - D1 ^a	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ECA Cat. 3 - D2 ^b	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a ECA de la Subcategoría Riego de Vegetales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^b ECA de la Subcategoría Bebida de Animales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 76

Cobalto (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

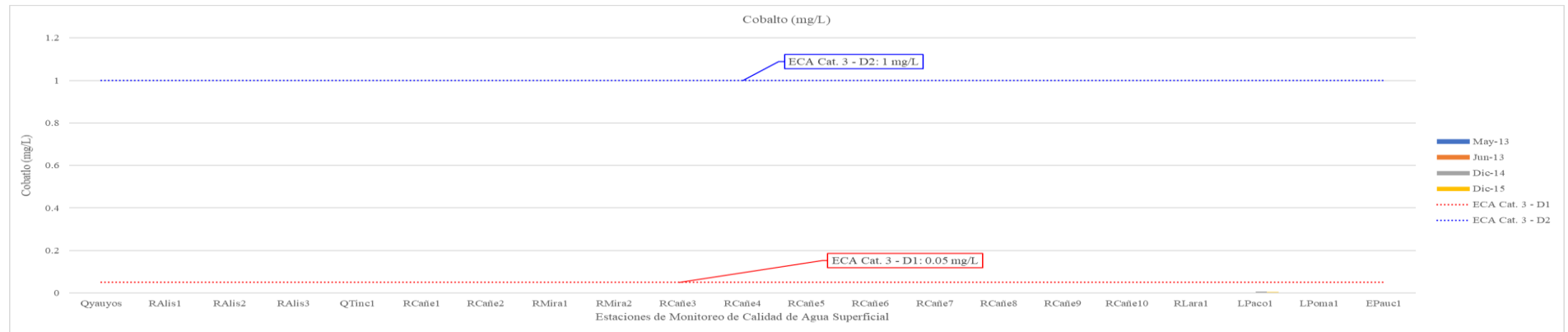


Tabla 75

Cromo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Cromo	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1	
May-13	0.006	0.006	0.006	SD	0.006	0.006	0.006	0.006	SD	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	SD	SD	SD	SD	0.006	0.006	
Jun-13	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	SD	SD	0.001	0.001	
Dic-14	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.000	SD	<0.005
Dic-15	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	SD	<0.001
ECA Cat. 3 - D1 ^a	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ECA Cat. 3 - D2 ^b	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ECA Cat. 4 - E1 y E2 ^c	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a ECA de la sub categoría Riego de Vegetales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^b ECA de la sub categoría Bebida de Animales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^c ECA de las subcategorías E1: Lagos y lagunas y E2: Ríos de la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

Figura 77

Cromo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

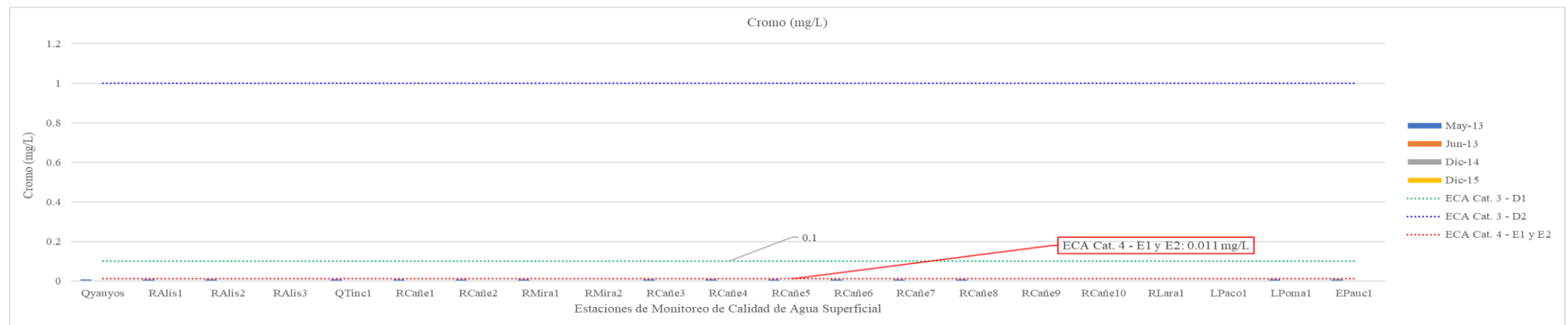


Tabla 76

Cobre (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Cobre	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1	
May-13	0.003	0.016	0.006	SD	0.003	0.003	0.003	0.003	SD	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	SD	SD	SD	SD	0.003	0.003	
Jun-13	0.002	0.005	0.002	SD	0.018	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002	
Dic-14	<0.0004	0.00536	0.00125	0.00834	0.0018	<0.0004	0.00048	<0.0004	<0.0004	0.0013	0.00261	0.00114	<0.0004	0.00225	0.00082	0.00109	<0.0004	<0.0004	0.06304	SD	<0.0004	
Dic-15	0.0049	0.0043	<0.0002	0.0063	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0072	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0044	0.1301	SD	<0.0002
ECA Cat. 3 - D1 ^a	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ECA Cat. 3 - D2 ^b	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ECA Cat. 4 - E1 y E2 ^c	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a ECA de la sub categoría Riego de Vegetales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^b ECA de la sub categoría Bebida de Animales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^c ECA de las subcategorías E1: Lagos y lagunas y E2: Rios de la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático del D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 78

Cobre (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

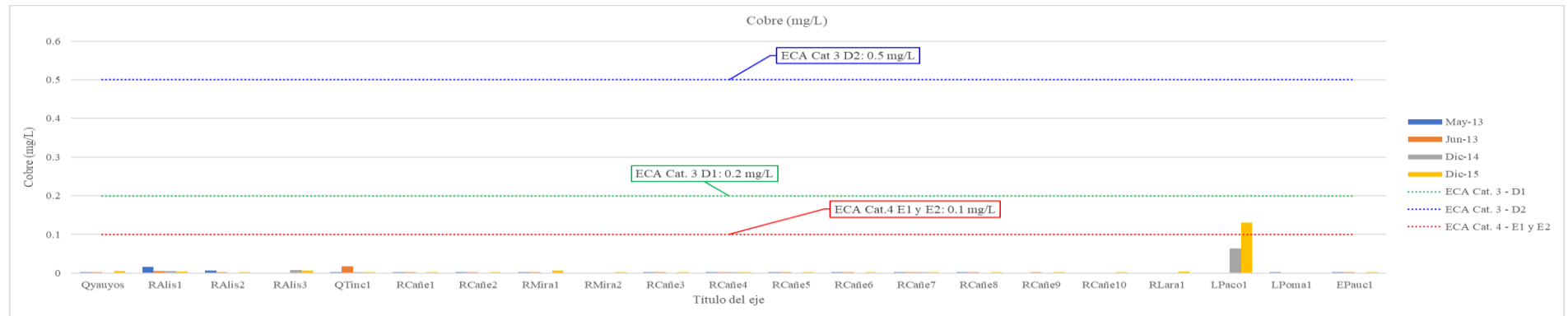


Tabla 77

Fósforo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Fósforo Total	QYayuyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.012	0.012	0.012	SD	0.012	0.012	0.012	0.012	SD	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	SD	SD	SD	SD	SD	0.012	0.012
Jun-13	0.054	0.017	0.013	SD	0.044	0.154	0.022	0.01	SD	0.032	0.019	0.009	0.031	0.021	0.013	0.022	SD	SD	SD	SD	SD	0.165
Dic-14	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-15	0.319	0.01	<0.00	<0.00	0.011	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.009	0.011	<0.00	0.012	0.017	0.033	0.016	0.011	<0.00	0.200	SD	SD	<0.00
	8		9	9	8	9	9	9	9	2	8	9	7	2	6	4	2	9	3			9
ECA Cat. 4 - E1 ^a	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
ECA Cat. 4 - E2 ^b	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^aECA de la subcategoría E1: Lagos y lagunas de la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático D.S. 004-2017-MINAM. ^bECA de la subcategoría E2: Ríos de la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 79

Fósforo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

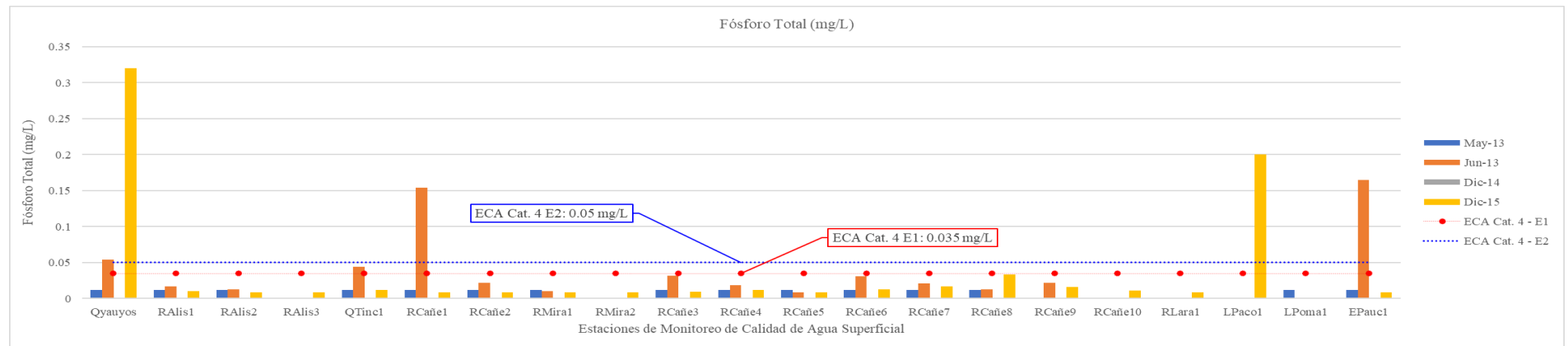


Tabla 78

Hierro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Hierro	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	EPauc1	LPoma1	RCañe9	RCañe10	LPac1	RLara1
May-13	0.058	1.339	0.433	SD	0.131	0.06	0.018	0.128	SD	0.174	0.077	0.015	0.042	0.137	0.064	0.392	0.03	SD	SD	SD	SD
Jun-13	0.055	0.073	0.02	SD	0.257	0.024	0.024	0.013	SD	0.028	0.021	0.028	0.026	0.035	0.022	0.522	SD	0.021	SD	SD	SD
Dic-14	0.259	0.19	0.041	0.323	0.071	0.024	0.015	0.225	0.229	0.039	0.018	0.1	0.021	0.579	0.407	0.418	SD	0.364	0.267	0.174	0.025
Dic-15	0.186	0.097 1	0.005 7	0.222	0.046 9	0.047 5	0.004 9	0.036 3	0.022	0.007	0.004 8	0.006 2	0.006 1	0.077 5	0.052 3	0.058 4	SD	0.006 6	0.005 2	0.336 3	0.044 2
ECA ^a	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a ECA sub categoría D1: Riego de Vegetales de la Categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 80

Hierro (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

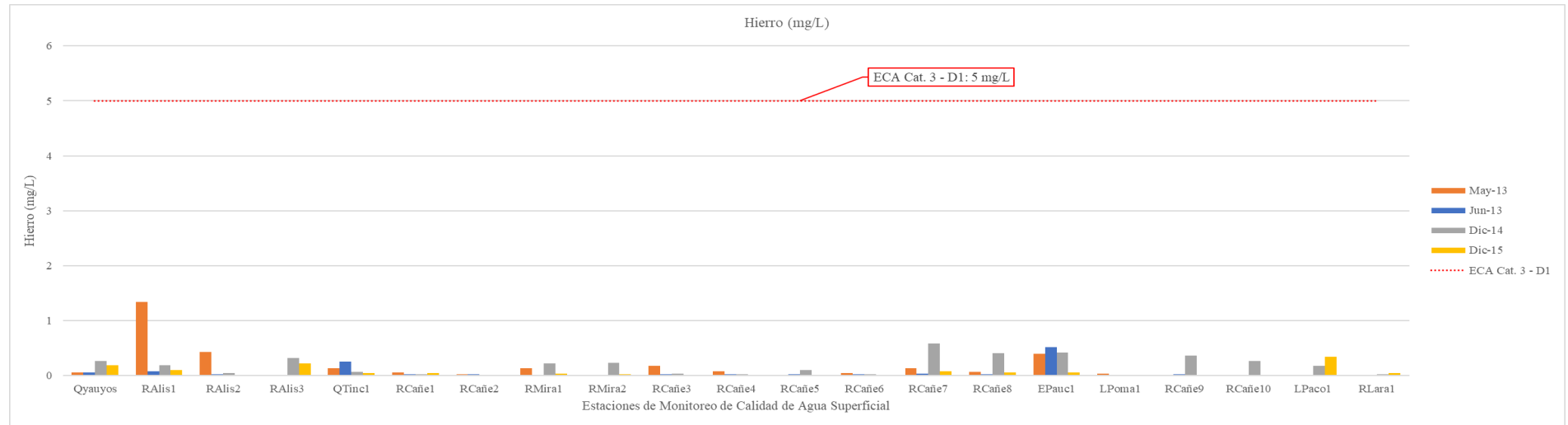


Tabla 79

Litio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Litio	Qyau yos	RAlis 1	RAlis 2	RAlis 3	QTin c1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1
May-13	0.015 5	0.004 3	0.166	SD	0.002 7	0.112 7	0.115 6	0.002 7	SD	0.136 4	0.057 6	0.095 3	0.126 1	0.091 2	0.111 9	SD	SD	SD	SD	0.002 7	0.007 5
Jun-13	0.012	0.003	0.041	SD	0.004	0.004	0.081	0.053	SD	0.073	0.067	0.065	0.046	0.057	0.053	0.01	SD	SD	SD	SD	0.087
Dic-14	0.009	0.003	0.132	0.003	0.003	0.082	0.069	0.003	0.003	0.104	0.049	0.081	0.062	0.071	0.072	0.052	0.054	<0.00 3	0.008 4	SD	0.003
Dic-15	0.002	0.002	0.116	0.003	0.001	0.043	0.083	0.036	0.043	0.101	0.046	0.094	0.063	0.075	0.062	0.083	0.081	SD	0.008	SD	0.008
ECA Cat. 3 ^a	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Figura 81

Litio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

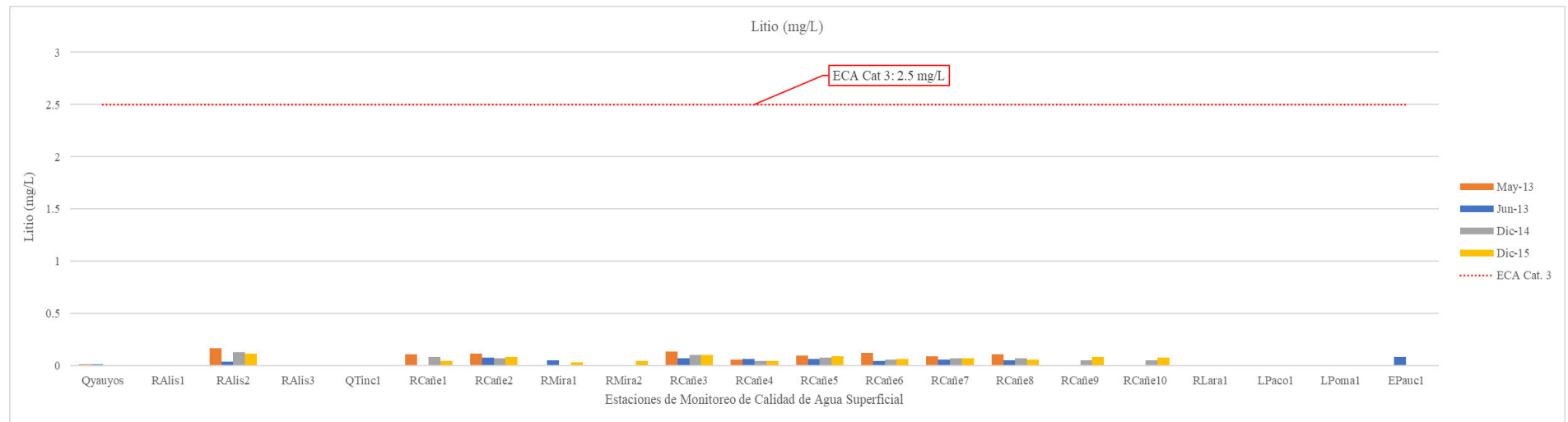


Tabla 80

Magnesio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Magnesio	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	1.246	16.92 4	23.33 2	SD	11.09 2	9.613	9.703	1.887	SD	15.47 4	9.953	10.30 5	8.425	10.05	13.60 2	SD	SD	SD	SD	1.683	3.625	
Jun-13	2.171	9.55	5.251	SD	6.027	1.848	11.59	6.404	SD	9.165	8.955	8.615	7.069	8.213	8.163	2.112	SD	SD	SD	SD	SD	6.42
Dic-14	0.84	10.38	17.38	8.84	5.55	6.35	6.26	0.88	1.09	11.62	7.46	9.45	9.52	6.26	6.54	5.46	5.64	4	3.06	SD	2.8	
Dic-15	0.012	0.002	0.116	0.003	0.001 4	0.074 8	0.083	0.042 7	0.014 4	0.101	0.046 3	0.094	0.063 2	0.074 7	0.062	0.082 6	0.080 6	0.002	0.008	SD	0.004	
ECA Cat. 3 - D1 ^a	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 3 - D1: Riego de Vegetales.

Figura 82

Magnesio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

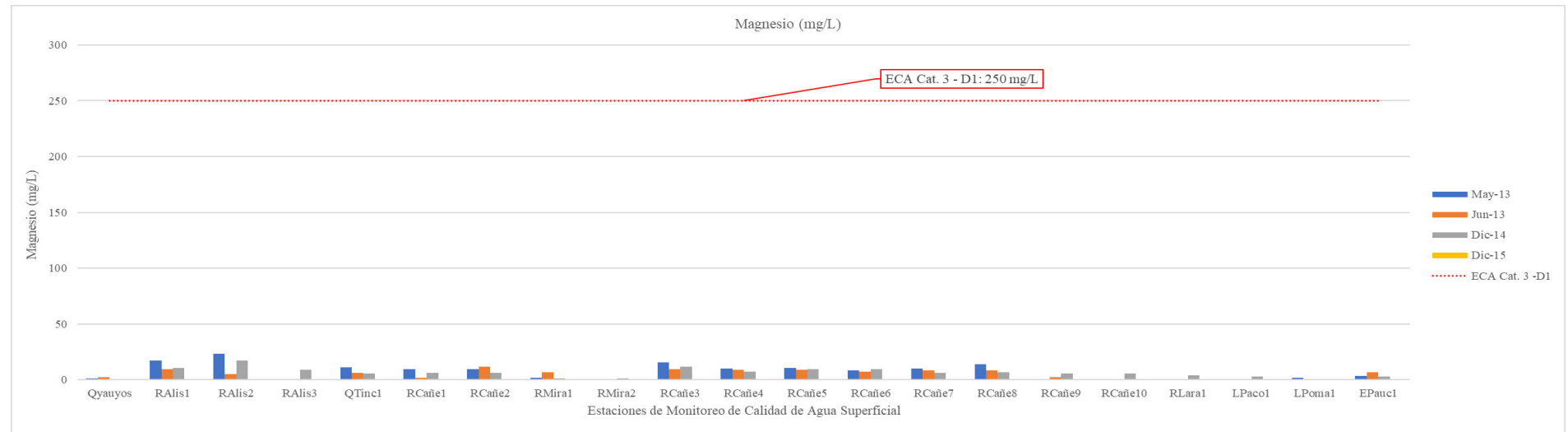


Tabla 81

Manganeso (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Manganeso	QYayuyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMir1	RMir2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1
May-13	0.0019	0.1636	0.044	SD	0.0069	0.0019	0.0019	0.0036	SD	0.0156	0.0055	0.0019	0.0019	0.0036	0.0068	SD	SD	SD	SD	0.0164	0.362
Jun-13	0.005	0.105	0.001	SD	0.328	0.001	0.017	0.001	SD	0.009	0.007	0.006	0.003	0.004	0.003	0.002	SD	SD	SD	SD	0.092
Dic-14	0.0088	0.0709	0.0132	0.1108	0.0053	0.0031	0.0012	0.017	0.0097	0.0072	0.0016	0.0086	0.0016	0.0234	0.0183	0.0257	0.0184	0.0025	0.9047	SD	0.7985
Dic-15	1.266	7.77	17.84	6.842	5.377	7.238	8.125	2.425	2.686	12.43	7.97	11.12	8.635	8.829	11.08	9.207	8.872	3.707	2.922	SD	2.201
ECA Cat. 3 ^a	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Figura 83

Manganeso (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

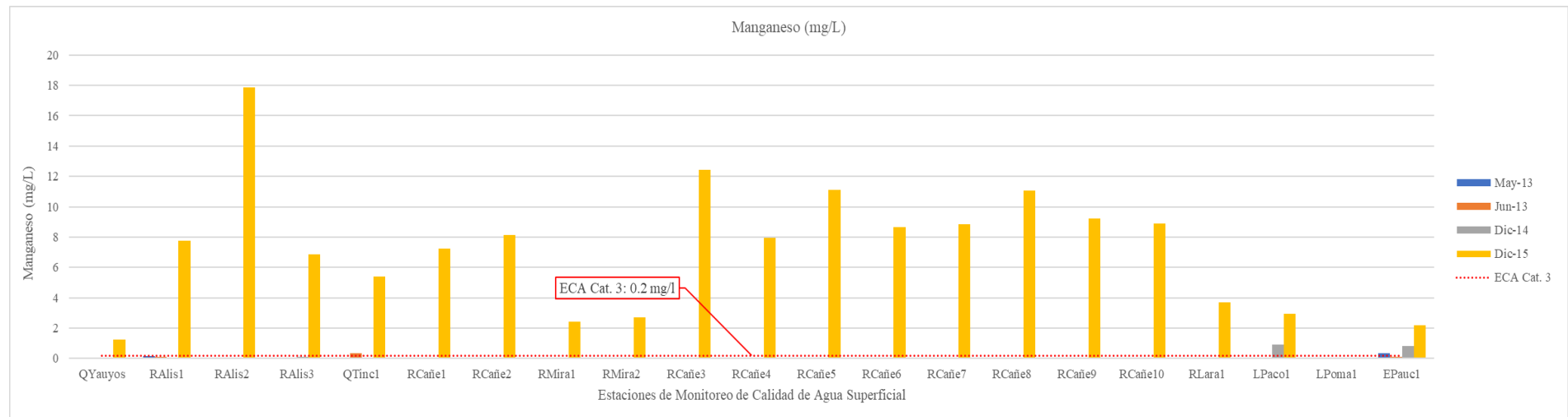


Tabla 82

Mercurio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Mercurio	QYauyos	RALis1	RALis2	RALis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1		
May-13	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	SD	SD	SD	SD	0.000	0.000	
	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1							1	1
Jun-13	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	SD	SD	SD	SD	0.000	
	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1						1	1
Dic-14	0.008	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.007	0.001	0.008	0.001	0.023	0.018	0.025	0.018	0.002	<0.00	SD	SD	<0.00	
	8	01	01	01	01	01	01	01	01	2	6	6	6	4	3	7	4	5	01			01	
Dic-15	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	SD	<0.00	
	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01		01	
ECA Cat. 3 - D1 ^a	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
ECA Cat. 3 - D2 ^b	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Sub-categoría D1-Riego de Vegetales de la categoría 3 del ECA D.S. 004-2017-MINAM. ^b Sub-categoría D2-Bebida de Animales de la categoría 3 del ECA D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 84

Mercurio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

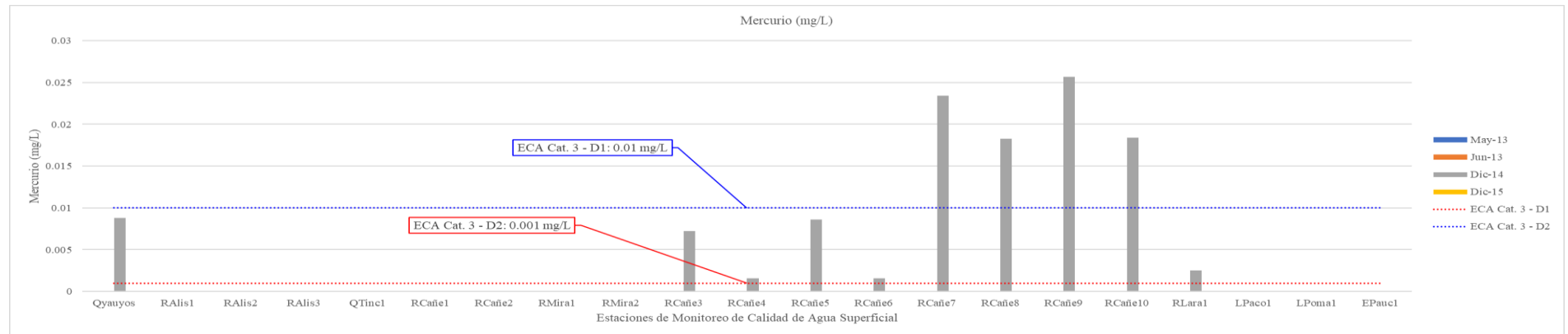


Tabla 83

Molibdeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Molibdeno	QYauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1
May-13	0.000	0.009	0.005	SD	0.010	0.001	0.001	0.000	SD	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	SD	SD	SD	SD	0.000	0.000
	44	86	29		84	51	96	44		18	71	48	97	03	12					44	44
Jun-13	<0.00	0.01	0.003	SD	0.015	0.004	0.005	0.003	SD	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	<0.00	SD	SD	SD	SD	<0.00
	2															2					2
Dic-14	<0.00	0.008	<0.00	0.013	0.01	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.029	SD
	2		2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dic-15	0.015	0.01	0.004	0.014	0.009	<0.00	<0.00	SD	SD	0.002	0.002	0.002	0.003	0.006	0.004	0.003	0.003	0.005	<0.00	SD	SD
					5	2	2												2		
ECA Cat. 1 - A1 ^a	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Figura 85

Molibdeno (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

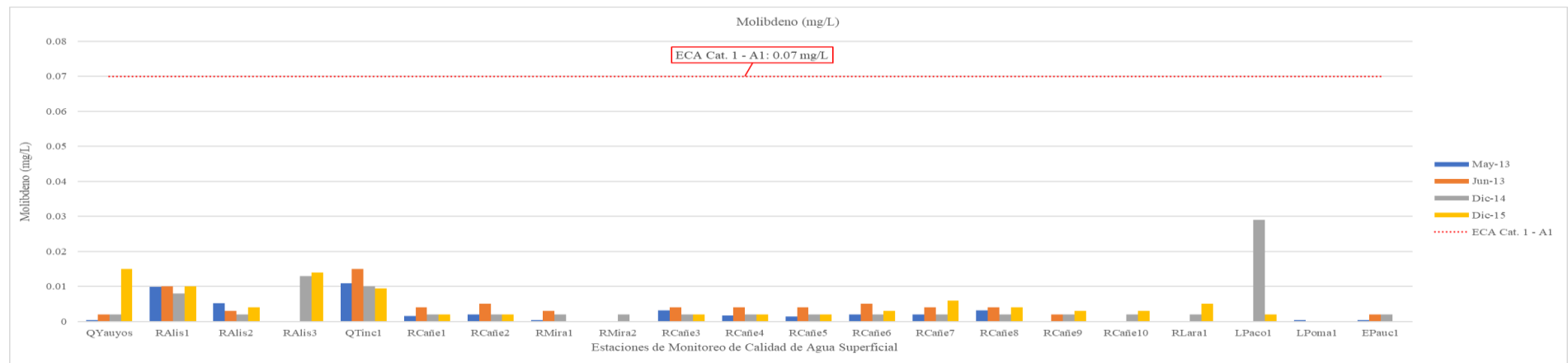


Tabla 84

Níquel (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Níquel	QYauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPau1
May-13	0.003	0.003	0.003	SD	0.003	0.003	0.003	0.003	SD	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	SD	SD	SD	SD	0.003	0.003
Jun-13	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	SD	SD	0.001	0.001
Dic-14	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.014	SD	<0.005
Dic-15	<0.002	0.01	0.004	0.014	0.009	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	0.002	0.002	0.005	0.004	0.003	0.003	<0.002	0.038	SD	<0.002
ECA Cat.3 D1 ^a	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ECA Cat.3 D2 ^b	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ECA Cat.4 ^c	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a ECA de la sub categoría Riego de Vegetales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^b ECA de la sub categoría Bebida de Animales de la categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM. ^c ECA de las subcategorías E1: Lagos y lagunas y E2: Ríos de la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático del D.S. 004-2017-MINAM.

Figura 86

Níquel (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

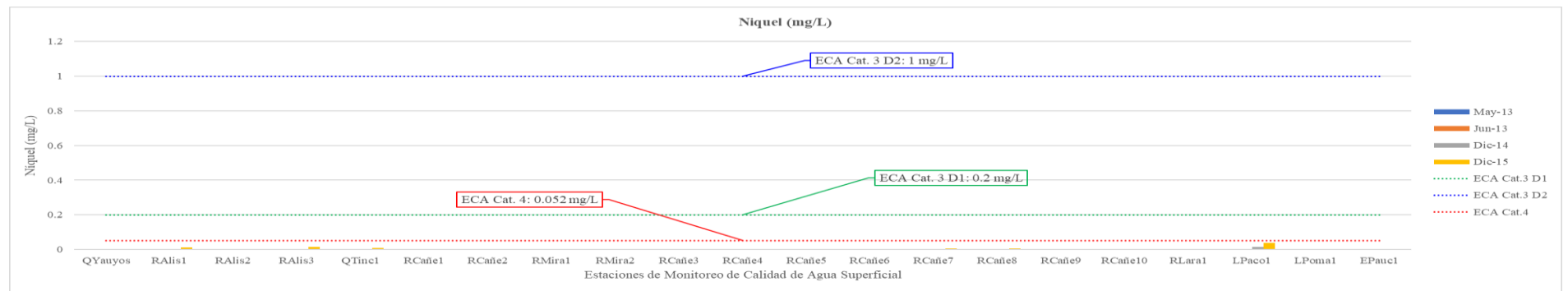


Tabla 85

Plata (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Plata Total	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMir1	RMir2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	SD	SD	SD	SD	0.000	0.000	
	6	6	6		6	6	6	6		6	6	6	6	6	6					6	6	
Jun-13	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Dic-14	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	SD	<0.00
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Dic-15	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0.010	SD	<0.00
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8		2
ECA Cat. 3 D1 y D2 ^a	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 002-2008-MINAM Categoría 3: D1- Riego de Vegetales y D2: Bebida de Animales debido a que no existe un valor límite para el ECA vigente.

Figura 87

Plata (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

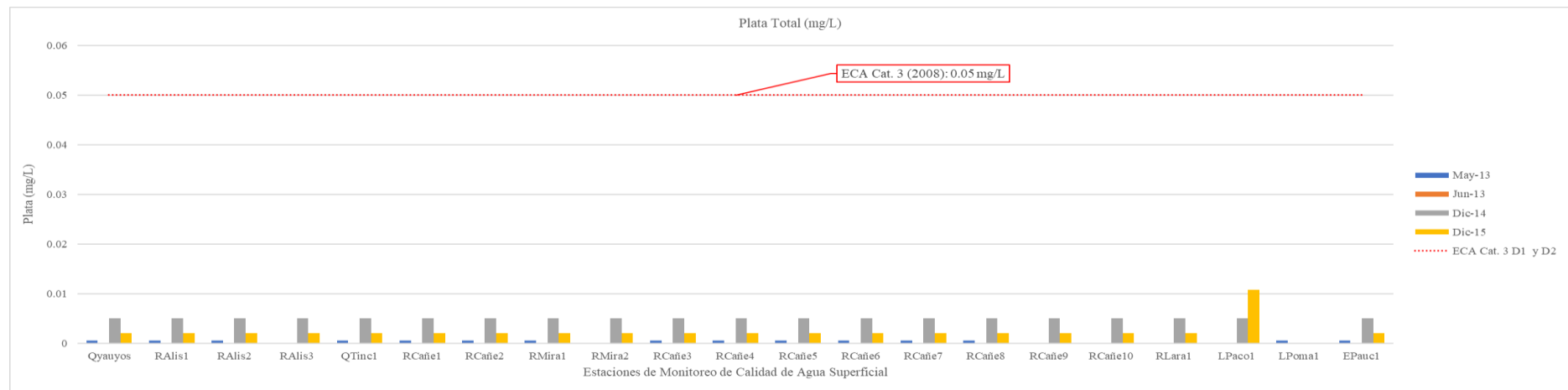


Tabla 86

Plomo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Plomo	Qyau yos	RAlis 1	RAlis 2	RAlis 3	QTin c1	RCa ñe1	RCa ñe2	RMir a1	RMir a2	RCa ñe3	RCa ñe4	RCa ñe5	RCa ñe6	RCa ñe7	RCa ñe8	RCa ñe9	RCa ñe10	RLar a1	LPac o1	LPo ma1	EPau c1	
May-13	0.001	0.027 7	0.009 6	SD	0.008 8	0.001 6	0.001	0.002 4	SD	0.003 7	0.002 4	0.001	0.001	0.001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.001 1	0.001 1
Jun-13	0.001	0.001	0.001	SD	0.04	0.001	0.001	0.001	SD	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	SD	SD	SD	SD	0.001	0.003
Dic-14	<0.00 04	0.021 3	0.006 7	0.035 3	0.009 3	<0.00 04	0.001 49	<0.00 04	<0.00 04	0.003 9	0.003	0.001 4	<0.00 04	0.000 8	<0.00 04	<0.00 04	<0.00 04	<0.00 04	<0.00 04	0.049 2	SD	<0.00 04
Dic-15	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	<0.00 2	SD	<0.00 2
ECA Cat. 3 D1 y D2 ^a	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ECA Cat. 4 E1 y E2 ^b	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5	0.002 5

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 3: D1-Riego de Vegetales y D2-Bebida de Animales.

^b Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático E1: Lagunas y Lagos y E2: Ríos.

Figura 88

Plomo (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

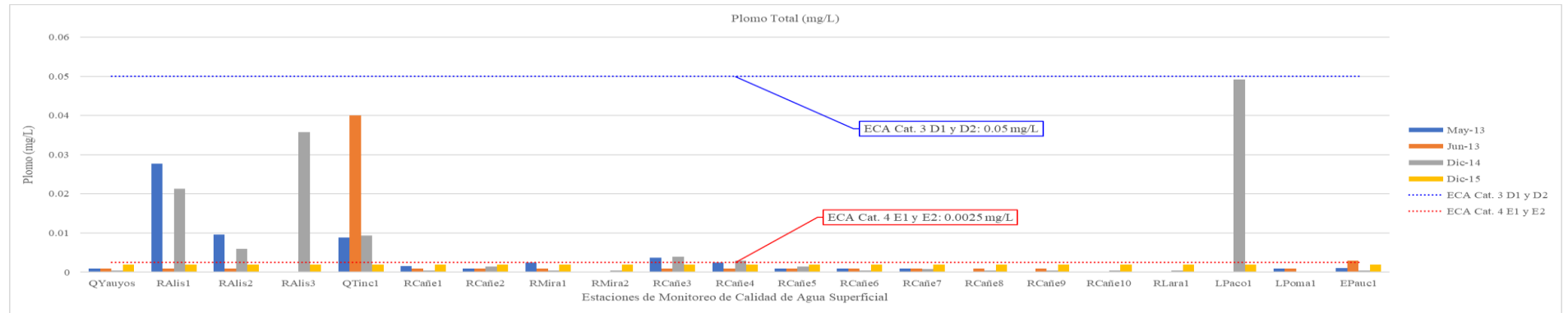


Tabla 87

Selenio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Selenio	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPaucl
May-13	0.005	0.005	0.005	SD	0.005	0.005	0.005	0.005	SD	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	SD	SD	SD	SD	0.005	0.005
Jun-13	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	SD	SD	SD	SD	0.002
Dic-14	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	SD	<0.003
Dic-15	2.718	1.159	2.837	1.136	0.579	3.619	2.619	1.995	1.978	3.007	1.897	2.789	2.648	3.026	4.369	2.744	2.579	1.54	3.896	SD	1.089
ECA Cat. 3 D1 ^a	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ECA Cat. 3 D2 ^b	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ECA Cat. 4 E1 y E2 ^c	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a D1-Riego de Vegetales de la categoría 3 del ECA D.S. 004-2017-MINAM. ^b D2-Bebida de Animales de la categoría 3 del ECA D.S. 004-2017-MINAM. ^c E1: Lagunas y Lagos y E2: Ríos Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

Figura 89

Selenio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

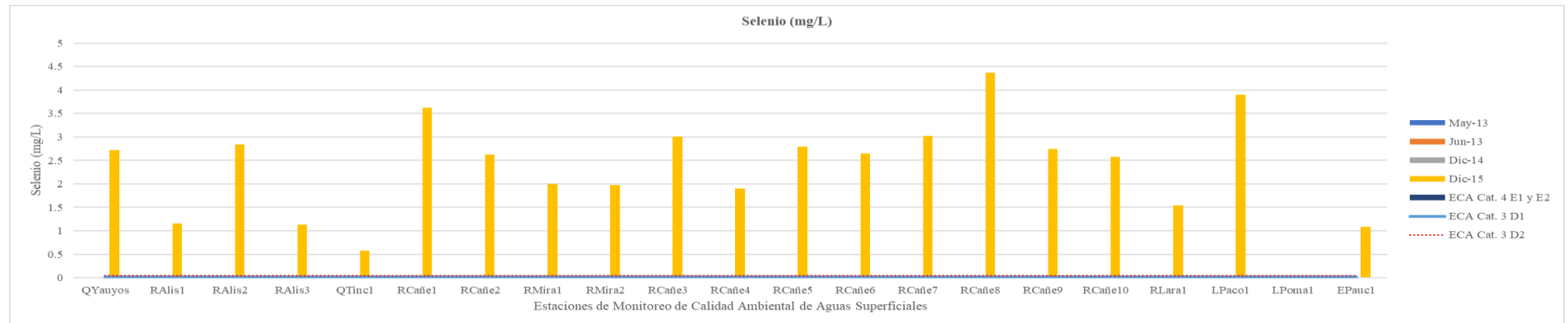


Tabla 88

Sodio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Sodio	QYauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1
May-13	5.43	2.84	10.64	SD	2.45	9.74	8.33	2.03	SD	9.87	5.74	9.95	26.91	15.47	18.15	SD	SD	SD	SD	0.53	2.73
Jun-13	6.46	4.15	6.39	SD	3.91	1.49	7.11	5.28	SD	6.67	6.35	7.43	11.38	11.19	11.79	8.42	SD	SD	SD	SD	5.9
Dic-14	3.05	3.16	11.64	3.76	2.61	7.96	7.45	1.26	1.62	9.97	6.21	9.42	14.05	11.88	13.2	7.58	7.83	2.43	6.85	SD	2.69
Dic-15	7.859	2.412	9.832	3.014	2.28	8.369	8.002	7.563	6.06	9.364	5.552	9.586	13.46	12.3	21.63	10.95	10.4	2.775	6.575	SD	2.159
ECA Cat. 3-D1 ^a	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Se ha aplicado el ECA D.S. 002-2008-MINAM Categoría 3: D1- Riego de Vegetales, debido a que no existe un valor límite para el ECA vigente.

Figura 90

Sodio (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

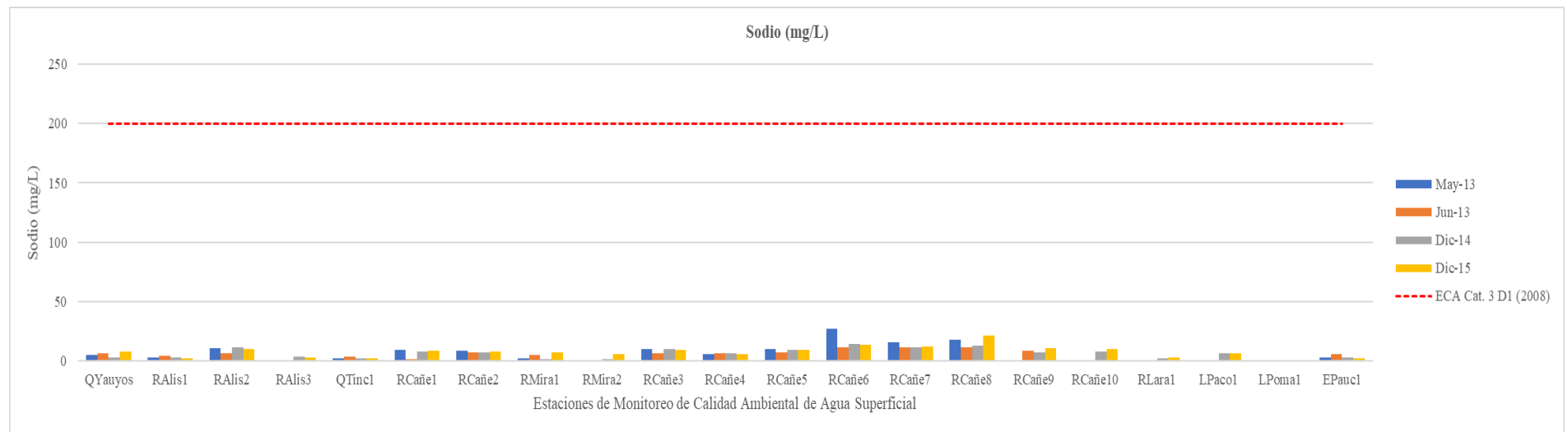


Tabla 89

Zinc (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

Zinc	Qyauyos	RAlis1	RAlis2	RAlis3	QTinc1	RCañe1	RCañe2	RMira1	RMira2	RCañe3	RCañe4	RCañe5	RCañe6	RCañe7	RCañe8	RCañe9	RCañe10	RLara1	LPaco1	LPoma1	EPauc1	
May-13	0.003	0.063	0.023	SD	0.007	0.003	0.003	0.003	SD	0.012	0.006	0.003	0.003	0.005	0.003	SD	SD	SD	SD	0.003	0.003	
Jun-13	0.008	0.033	0.003	SD	0.1	0.007	0.01	0.009	SD	0.009	0.009	0.007	0.004	0.007	0.009	0.019	SD	SD	SD	SD	0.007	
Dic-14	0.008	0.021	0.005	0.034	<0.002	<0.002	0.006	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.02	<0.002	0.004	<0.002	0.003	1.521	SD	0.003	
Dic-15	0.042	0.027	0.005	0.051	0.016	0.027	0.007	0.050	0.036	0.011	0.010	0.01	0.004	0.008	0.013	0.021	<0.002	0.037	1.125	SD	0.051	
ECA Cat. 3 - D1 ^a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ECA Cat. 3 - D2 ^b	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
ECA Cat. 4 - E1 y E2 ^c	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

Nota. SD: Sin dato. Fuente: Resultado del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete. Mayo 2013, junio 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015. ^a Sub-categoría D1-Riego de Vegetales de la categoría 3 del ECA, D.S. 004-2017-MINAM. ^b Sub-categoría D2-Bebida de Animales. ^c Sub-categoría E1: Lagunas y Lagos y E2: Ríos de la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático.

Figura 91

Zinc (mg/L) en el agua superficial de las estaciones de monitoreo

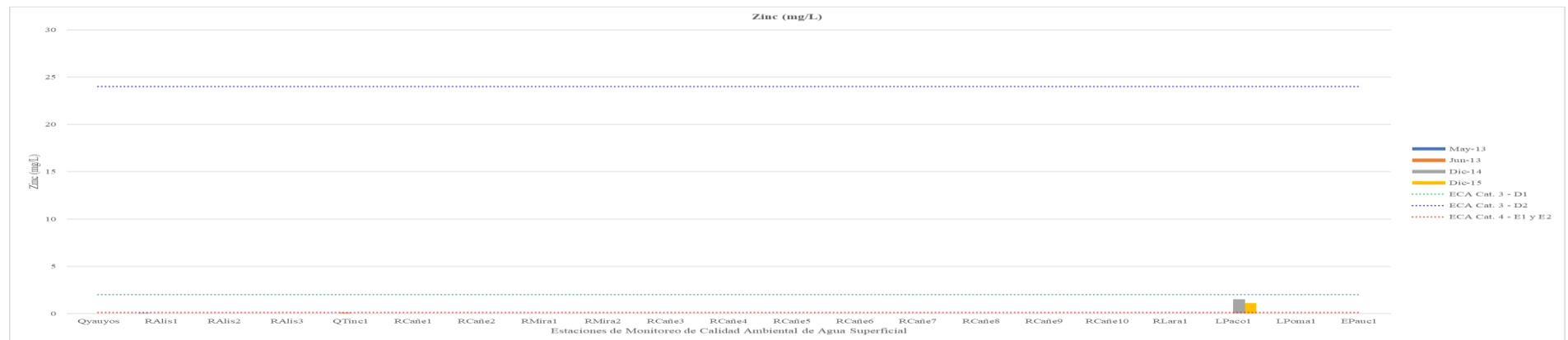


Tabla 90

Resultados de calidad de agua superficial que exceden los ECA categoría 4: Conservación del hábitat acuáticos - Lagos, lagunas y ríos

Estación ANA	Estación	Parámetro que supera																		
		O D ^b	pH	CF ^c	SST ^d	N ^e	N ^f	S ^g	DB O _{5h}	A s	C d	C u	P n	M n	H g	S e	P b	Z n		
QYauyos	MA-01			x		x	x					x		x	x	x	x		08	
RAlis1			x	x	x*	x						x			x		x	x	08	
RAlis2	NOR HB4		x			x	x					x			x		x	x	07	
RAlis3			x			x						x			x		x	x	06	
QTinc1	MA-07	x				x	x					x		x	x		x	x	08	
RCañe1	NOR HB3		x			x	x					x		x	x		x		07	
RCañe2	MA-05		x			x	x					x			x		x		06	
RMira1		x	x	x			x					x			x		x		07	
RMira2												x			x		x		03	
RCañe3		x	x			x	x					x			x	x	x	x	09	
RCañe4	MA-02	x	x				x					x			x	x	x	x	08	
RCañe5			x			x	x					x			x	x	x		07	
RCañe6		x		x		x	x					x			x	x	x		08	
RCañe7			x			x	x					x			x	x	x		07	
RCañe8			x			x	x					x			x	x	x		07	
RCañe9		x	x				x					x			x	x	x		07	
RCañe10				x								x			x	x	x		05	
RLara1			x									x			x	x	x		05	
LPaco1	MA-04	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	13
LPoma1	MA-03											x								01
EPauc1	NOR HB6				x		x					x		x	x		x	x		07

Nota. ^a Estación del Trabajo de Investigación. ^b O.D.: Oxígeno Disuelto. ^c CF: Coliformes Fecales. ^d Sólidos Totales en Suspensión. ^e Nitrógeno Total. ^f Nitrógeno Amoniacal. ^g Sulfuros. ^h Demanda Bioquímica de Oxígeno

La estación LPaco1 (MA-04) que supera la mayor cantidad de parámetros de calidad ambiental de agua (13) estos son: oxígeno disuelto, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, sulfuros, demanda bioquímica de oxígeno, arsénico, cadmio, cobre, fósforo, manganeso, selenio, plomo y zinc. Las estaciones que superan ocho (08) parámetros son: MA-01, MA-07 y MA-02; las estaciones NOR HB4, NOR HB3 superan siete (07) parámetros. Le sigue en

alteración la estación RCañe3 (MA-05) que superó seis (06) parámetros: potencial hidrógeno, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, cadmio, manganeso y selenio.

De los informes del OEFA se citan en la Tabla 91 y de las estaciones de muestreo consignadas en la Tabla 92 y Tabla 93 de los referidos informes, se obtuvo la data referente a los parámetros de calidad de agua superficial, que se presenta en los cuadros 52 al 61.

Tabla 91

Informes de monitoreo de calidad de agua superficial – OEFA

Descripción	Fecha de Muestreo
Informe N° 084-2013	17 al 21 de diciembre del 2012
Informe N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA	25 al 26 de marzo del 2015
Informe N° 268-2016-OEFA/DE-SDCA	07 al 13 de junio del 2016

En la Tabla 92 se presentan las coordenadas de localización de las estaciones de monitoreo consideradas en el Informe N° 084-2013 correspondiente a diciembre 2012.

Tabla 92

Estaciones de muestreo correspondientes al informe OEFA 2013 del 17 al 21 de diciembre del 2012

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
M-01	Río Cañete, aguas debajo de la localidad Tanta y aguas arriba de la represa Paucarcocha	389541	8660623
M-02	Río Cañete, aguas debajo de la represa Paucarcocha	395670	8663493
M-03	Río Cañete, altura del puente de desvío a la localidad de Vilca y aguas arriba de la localidad de Huancaya	410925	8658989
M-04	Río Cañete, altura de puente de piedra, aguas arriba de la localidad de Huancaya	413266	8651186
M-09	Río Cañete, aguas debajo de la unión del río Tinco	411988	8641036
M-12	Río Cañete, aguas debajo de la central hidroeléctrica	408716	8632033
M-15	Río Cañete, altura del puente de concreto en la localidad de Huayo	399417	8610745
M-16	Río Cañete, altura del puente	395881	8608162
M-18	Río Cañete, aguas debajo de la unión de los ríos Tupe y Cacara, altura del criadero de truchas.	401736	8583171
M-21	Río Cañete, altura de quebrada seca.	394949	8595359
M-22	Río Cañete, aguas debajo de la presa de regulación de la Central Eléctrica	392826	8580300

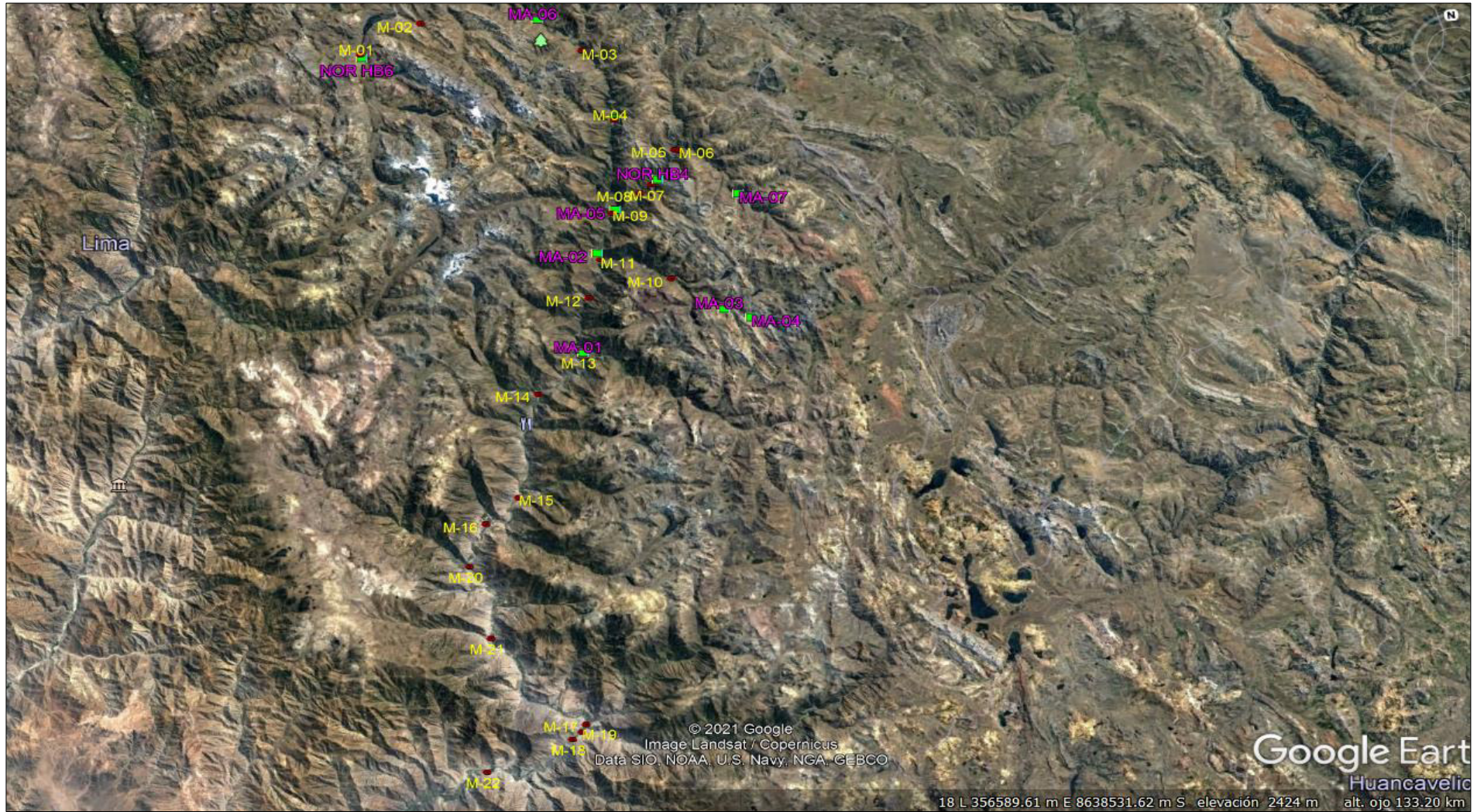
Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
M-05	Río Siria, aguas arriba antes de su unión con el río Alis	418791	8647227
M-06	Río Alis, aguas arriba antes de la tributación del río Siria	419172	8647146
M-07	Río Alis, altura del puente, aguas abajo del manantial SV-10W	416105	8643732
M-08	Río Alis, aguas abajo del puente, aguas arriba de piscigranja	414933	8642927
M-10	Río Laraos, altura del puente Unión, aguas abajo del aporte del manantial SV-07W	416991	8633243
M-11	Río Laraos, 100 m aguas arriba, antes de su confluencia en el río Cañete	410278	8636137
M-13	Río Huantan, 100 aguas arriba antes de su unión con el río Cañete	407448	8626131
M-14	Río Yauyos, 100 m aguas arriba, antes de su unión con el río Cañete	402619	8621960
M-20	Qda. Aucampi altura del puente, antes de su confluencia en el río Cañete	393724	8603575
M-17	Río Tupe, aguas arriba, antes de su unión con el río Cañete	403265	8584721
M-19	Río Cacara, 300 m aguas arriba, antes de su unión con el río Cañete, altura del puente	402757	8583910

Nota. Informe N° 084-2013, OEFA.

La representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013, que se reportaron en la Tabla 90 y los correspondientes al presente trabajo de investigación se consignan ambos en la Figura 92 y en las Figuras 93, 94 y 95 se muestra la cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con las estaciones de la presente investigación.

Figura 92

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, OEFA 2013 y las de la presente investigación



Nota. Los íconos amarillos corresponden a las estaciones del año 2013 y los íconos morados corresponden a las estaciones de la presente investigación.

Figura 93

Cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con la estación de la presente investigación (NORHB6)

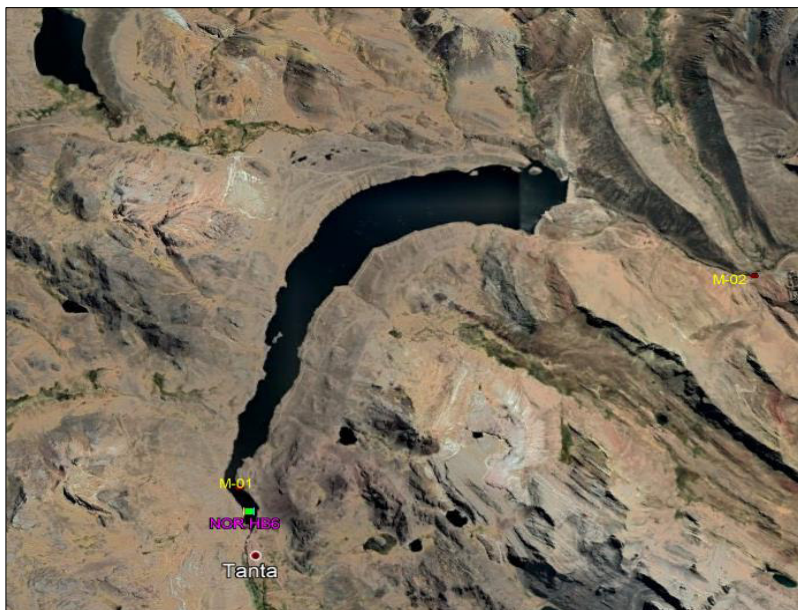


Figura 94

Cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con las estaciones de la presente investigación (MA-06, NORHB3, NORHB4, MA-05, MA-07 y MA-02)

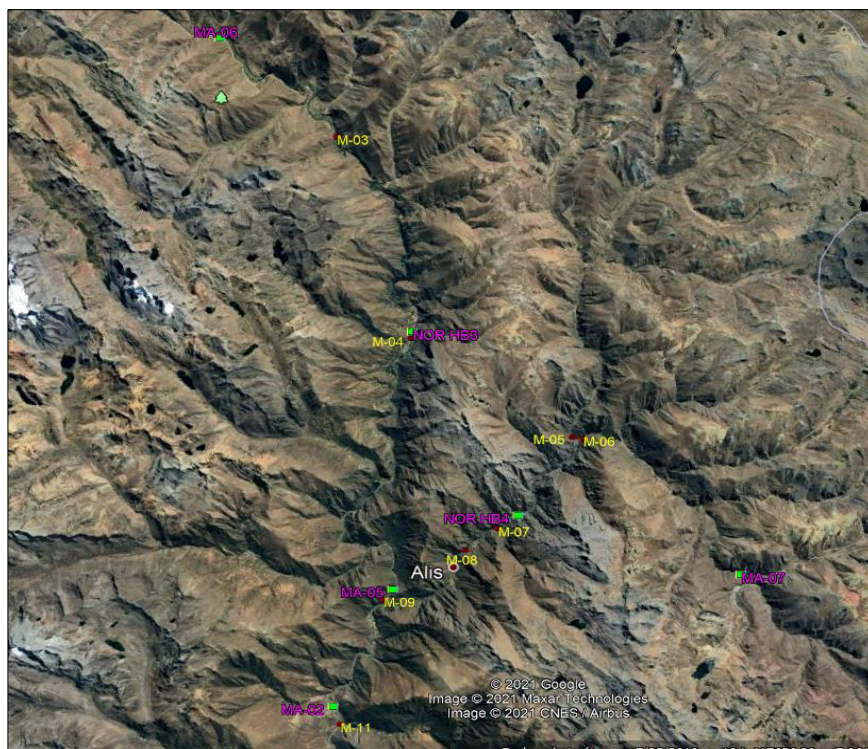
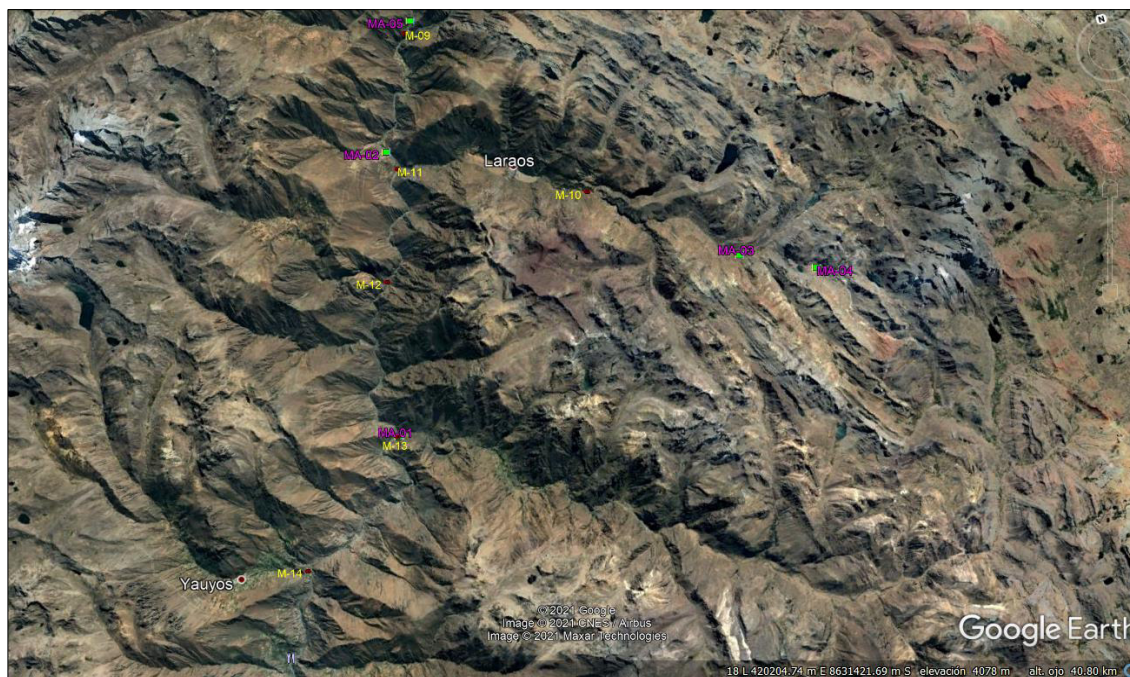


Figura 95

Cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2013 con las estaciones de la presente investigación (MA-01 al MA-05)



En la Tabla 93 se registran las estaciones de monitoreo contenidas en el informe N° 084-2013 efectuados, que han sido seleccionadas para su comparación con las del presente trabajo de investigación.

Tabla 93

Estaciones de referencia del Informe OEFA 2013 seleccionadas para su comparación con las estaciones de muestreo del presente trabajo de investigación

Estación de la Investigación	Estación OEFA 2013	Comentario
NOR HB 6	M-01	Ambos en el Embalse Paucarcocha. Distanciados 340 m.
MA - 06	M-03	Distanciados 5 Km.
NOR HB 3	M-04	Distanciados 270 m.
NOR HB 4	M-07	Distanciados 890 m.
MA - 05	M-09	Distanciados 570 m
MA-02	M-11	Distanciados 770 m
MA-01	M-13	Distanciados 50 m
MA-07	M-05 y M-06	Distanciados 7 Km.
MA-03	M-10	Distanciados 6 Km.

Estación de la Investigación	Estación OEFA 2013	Comentario
MA-04	M-10	Distanciados 6 Km.

Los resultados del monitoreo efectuado entre los días 17 al 21 de diciembre del 2013, dirigido a determinar la calidad ambiental de agua superficial y contenidos en el Informe N° 084-2013 arrojan los siguientes parámetros. Tabla 94.

Tabla 94

Resultados de calidad de agua superficial de acuerdo al informe N° 084-2013

Parámetro	Comentario
Oxígeno Disuelto	Los máximos valores de oxígeno disuelto se registraron en la parte media de la cuenca del río Cañete, en zonas de fuertes pendientes y considerables turbulencias, siendo este un fenómeno natural que permite la oxigenación del agua.
Sólidos Totales Disueltos	Se registraron valores desde un mínimo de 59.9 mg/L hasta un máximo de 233 mg/L, los máximos valores se dieron en la zona intermedia de la cuenca, zona de mayor pendiente y turbulencias.
Turbidez	Se registraron valores variables con un valor mínimo de 1.16 NTU hasta un máximo de 74.20 NTU con tendencia a incrementar conforme se llega a la cuenca media, para disminuir levemente hacia la cuenca baja donde hay menor pendiente, turbulencia y velocidad de flujo.
Bario Total	Su concentración es bastante baja en el ambiente, tal como lo demuestran los resultados hallados en los ríos tributarios, cuyos valores son menores al valor del ECA para Agua de la Categoría 3.
Cadmio Total	Los resultados obtenidos en el monitoreo no registran presencia de este metal en las muestras de agua, estando en todos los ríos evaluados por debajo del límite de detección del método de análisis del laboratorio cuyo valor es menor al ECA para Agua Categoría 3.
Cobalto Total	No se registraron concentraciones de cobalto, siendo no detectables por el método de análisis del laboratorio, cumpliendo con los ECA para Agua en la Categoría 3.
Cromo Total	El metal cromo es también considerado de riesgo a la salud y al ambiente, sin embargo, en la cuenca del río Cañete no han sido detectables por el método de análisis de laboratorio, cumpliendo por tanto con los ECA para Agua Categoría 3. Las concentraciones de cromo en los ríos tributarios al río Cañete no han sido detectables por el método de análisis del laboratorio, cumpliendo por tanto con los ECA para Agua Categoría 3.
Cobre Total	No se registran concentraciones de cobre que superen los ECA para Agua categoría 3, estando en la mayoría de estaciones como no detectables por el método de análisis de laboratorio.
Hierro Total	Los valores de hierro en la cuenca del río Cañete, registran concentraciones menores a los ECA para Agua Categoría 3, con excepción del punto de monitoreo M-18 cuya concentración de hierro alcanzó los 1.038 mg/L. Es de mencionar que los ríos Huantan y Caca

Parámetro	Comentario
	tributarios al río Cañete son los que contribuyen a este incremento, que es detectable en la estación M-18.
Zinc Total	No se registran valores de zinc que superen los ECA para Agua en la categoría 3.

Nota. Informe N° 084-2013

En el Tabla 95 se registra la ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial contenidos en el Informe N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA efectuado el 25 y 26 de marzo del 2015, el ámbito de influencia fue la laguna Acococha, quebradas Chumpe, Huacuypacha y Machay y ríos Shinhua, Tinco, Sunca, Alis y Cañete, ubicados en los distritos de Tomas, Alis y Miraflores, provincia de Yauyos, departamento de Lima. El registro de parámetros in situ y la visita de reconocimiento se efectuaron en la microcuenca del río Alis y sus aportantes.

Tabla 95

Estaciones de muestreo correspondientes al Informe OEFA 2015

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
AG-2	Ubicado en la laguna Acococha, aproximadamente a 2 m antes de la zona del efluente de la laguna.	422621	8637153
AG-1	Ubicado en la laguna Acococha, en el lado opuesto de la zona del efluente de la laguna, parte alta de la quebrada Chumpe.	422713	8636746
AG-3	Ubicado en la quebrada Chumpe, aproximadamente a 130 m al noreste del talud de la presa de relaves de la UM Yauricocha.	423961	8639388
AG-6	Ubicado en la quebrada Chumpe, aproximadamente a 50 m antes de la confluencia con el río Tinco.	424768	8641687
AG-7	Ubicado en el río Tinco, aproximadamente a 60 m después de la confluencia con la quebrada Chumpe, aguas debajo de la comunidad de Tinco.	424491	8641802
AG-4	Ubicado en la quebrada Machay, aproximadamente a 1.9 Km aguas arriba de la Comunidad de Tinco.	425561	8639888
AG-5	Ubicado en la quebrada Machay, en la captación de agua para la piscigranja Aqua EIRL, aproximadamente a 200 m aguas arriba de la comunidad de Tinco.	425069	8641286
AG-8	Ubicado en el río Sunca, aproximadamente a 300 m aguas arriba del centro poblado de Huancachi.	422244	8644899
AG-9	Ubicado en el río Shinhua, aproximadamente a 300 m aguas arriba del centro poblado de Huancachi	418846	8647122

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
AG-10	Ubicado en el río Alis aproximadamente a 1 Km después de la confluencia con el río Shinhua y a 100 m aguas abajo del puente Tomas.	418447	8646284
AG-11	Ubicado en el río Cañete, aproximadamente a 20 m aguas abajo del puente Acomachay, antes de la confluencia con el río Alis.	412151	8641146
AG-12	Ubicado en el río Cañete aproximadamente a 1.22 Km después de la confluencia con el río Alis.	411498	8640088
AG-13	Ubicado en la quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 0.9 Km aguas arriba del club “El Dorado”	427283	8642509
AG-14	Ubicado en la quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 200 m aguas abajo del club “El Dorado”	426147	8642185

La representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial, OEFA 2015, que se reportaron en la Tabla 95 y los correspondientes al presente trabajo de investigación se consignan ambos en la Figura 96 y en las Figuras 97 y 98 se muestra la cercanía de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2015 con las estaciones de la presente investigación.

Figura 96

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, OEFA 2015.

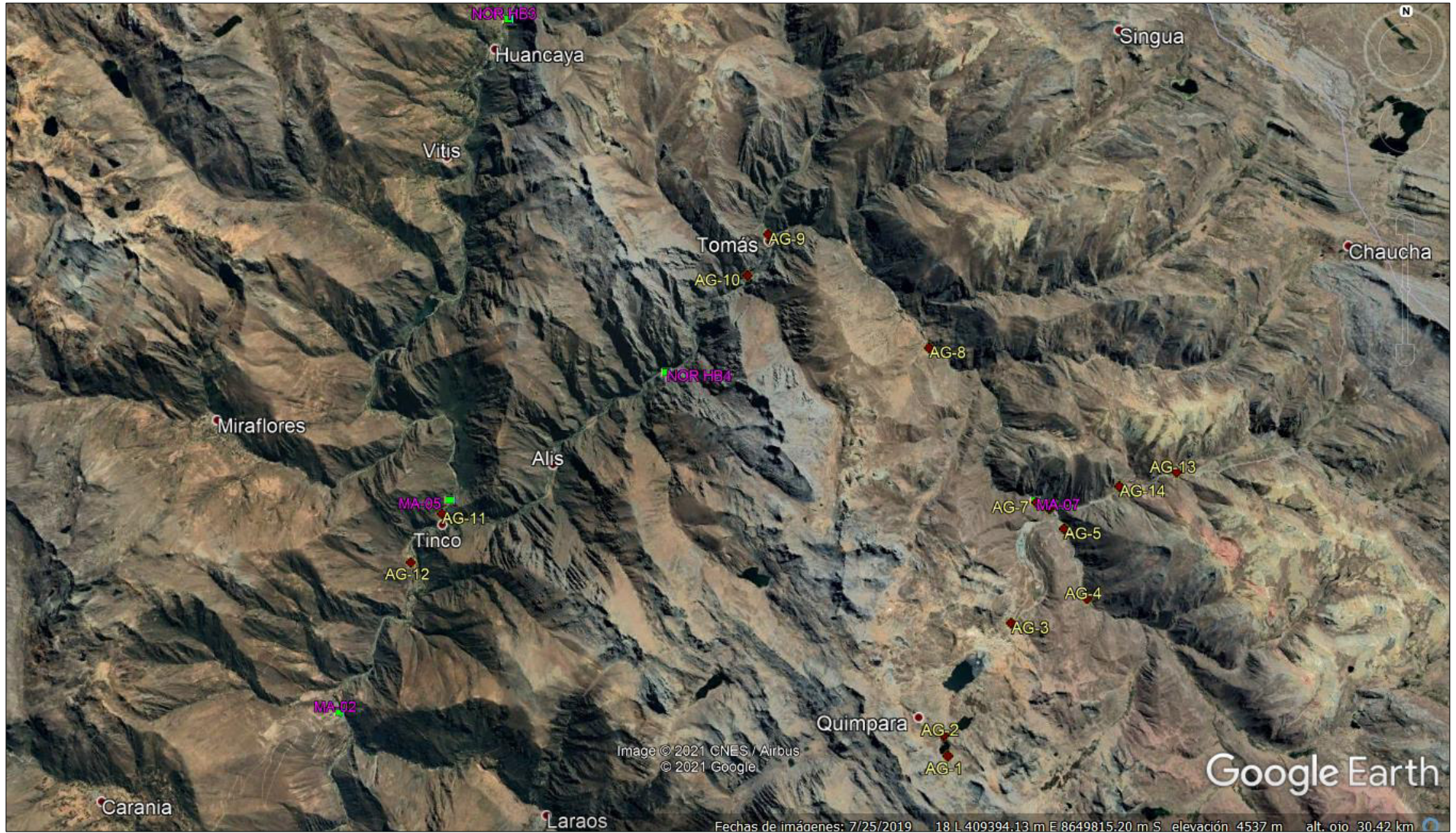


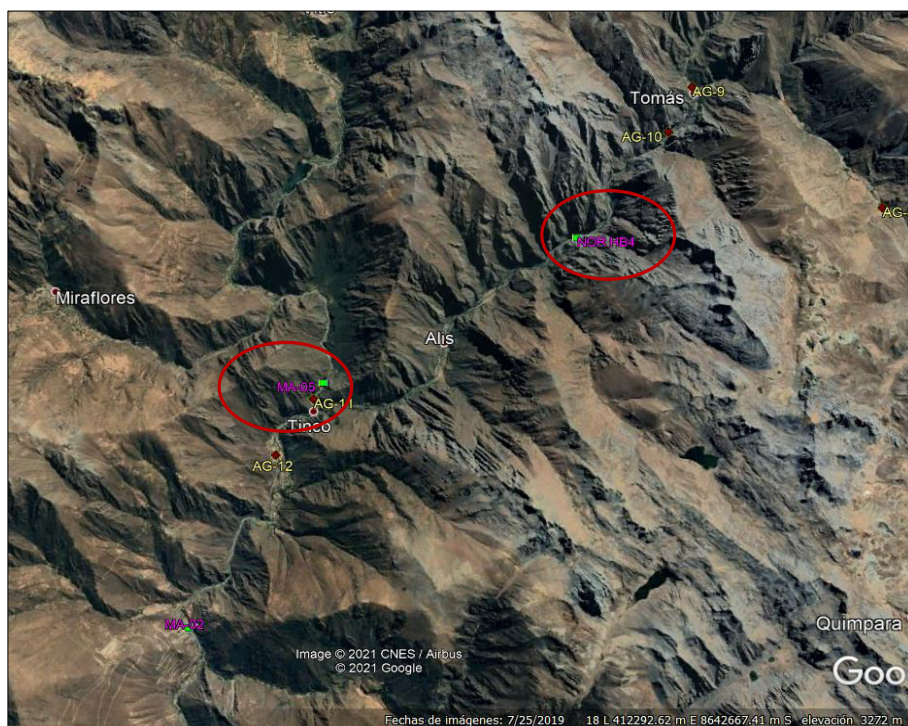
Figura 97

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2015 con relación a la estación de la presente investigación MA-07.



Figura 98

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2015 con relación a las estaciones de la presente investigación MA-05 y NOR HB 4.



En la Tabla 96 se registran las estaciones de monitoreo contenidas en el informe N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA efectuado el 25 y 26 de marzo del 2015, que han sido seleccionadas para su comparación con las del presente trabajo de investigación.

Tabla 96

Estaciones de referencia del informe OEFA 2015 seleccionadas para comparación con las estaciones del presente trabajo de investigación

Estación OEFA 2015	Estación de la Investigación	Comentario
MA-07	AG-7	Distanciados 50 m.
NOR HB 4	AG-10	Distanciados 2.6 Km
MA-05	AG-11	Distanciados 350 m
MA-02	AG-12	Distanciados 3.6 Km

Nota. Las demás estaciones de monitoreo de calidad de agua se encuentran muy alejadas de las estaciones del informe.

Los resultados del monitoreo efectuado los días 25 y 26 de marzo del 2015, conducente, a determinar la calidad ambiental de agua superficial y contenidos en el Informe OEFA 2015 arrojan los siguientes parámetros. Tabla 97.

Tabla 97

Resultados de calidad de agua superficial de acuerdo al informe N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA

Parámetro^a	Comentario
Potencial Hidrógeno (pH)	Se superó el valor límite establecido en el ECA Categoría 3: subcategoría “Riego de Vegetales” del D.S. N° 002-2008-MINAM, en las estaciones AG-7 y AG-10 , ubicadas en el río Tinco y el río Alis . Estos puntos fueron evaluados después de las confluencias con la quebrada Chumpe y río Shinhua. El aumento de los niveles de pH en aguas naturales, se debe mayormente a la presencia de bicarbonato, el cual proviene del lavado de rocas calizas que hace que parte del carbonato que contiene pase al agua, aumentando de forma natural el pH, ya que hidroliza parcialmente al agua dando iones (OH ⁻), lo que lo convierte en una base moderadamente fuerte.
Conductividad Eléctrica	Las concentraciones de conductividad eléctrica en los puntos de medición cumplieron con el valor establecido en los ECA para agua, Categoría 3: subcategoría “Riego de vegetales” (< 2000 µS/cm). El valor más alto registrado fue de 493 µS/cm y se encontró en el punto AG-6 ubicado en la quebrada Chumpe, mientras que, el valor más bajo fue de 114.6 µS/cm y se encontró en el punto AG-01 ubicado en la laguna Acococha.

Parámetro^a	Comentario
Oxígeno Disuelto	Las concentraciones de oxígeno disuelto en los puntos de medición cumplieron con el valor establecido en los ECA para agua, Categoría 3: subcategoría “Riego de Vegetales” (ECA de ≥ 4 mg/L).

Nota. Elaborado con base en el Informe N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA. ^a Solamente se analizaron parámetros de campo.

En la Tabla 98 se registra la ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial efectuados entre el 07 y 13 de junio del año 2016, contenidos en el Informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA. El ámbito de influencia fue la laguna Acococha, quebradas Chumpe, Huacuypacha y Machay y ríos Shinhua, Tinco, Sunca, Alis y Cañete, ubicados en los distritos de Tomas, Alis, Miraflores y Carania provincia de Yauyos, departamento de Lima. Se debe mencionar que el registro de parámetros in situ y la visita de reconocimiento, de la microcuenca del río Alis y sus aportantes se efectuaron en las mismas fechas.

En la Tabla 99 se registra la ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos contenidos en el Informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA

Tabla 98

Estaciones de muestreo de calidad de agua correspondientes al informe OEFA 2016

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
LAcoc1	Laguna Acococha, Chumpe	422713	8636746
LAcoc2	Laguna Acococha, Chumpe	422625	8637191
QHuac1	Quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 950 metros de presencia de vegetación.	427283	8642509
QHuac2	Quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 200 metros al margen de la quebrada de lecho rocoso.	426147	8642180
QHuac3	Quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 700 metros aguas arriba de la Comunidad de Tinco, presencia de vegetación.	425589	8641825
QChum1	Quebrada Huacuypacha, ubicada aproximadamente a 50 metros antes de la confluencia con el río Tinco, caudal escaso, presencia de vegetación, se observó heces de animales.	424768	8641687
RTinc1	Río Tinco, aproximadamente a 300 m después de la confluencia con la quebrada Chumpe, aguas debajo de la comunidad de Tinco, presencia de vegetación.	424491	8641802

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
QMach1	Quebrada Machay, ubicada aproximadamente a 1.7 Km aguas arriba de la Comunidad de Tinco, presentó márgenes pedregosos y con vegetación ribereña.	425561	8639888
QMach2	Quebrada Machay, ubicada en la captación para la piscigranja Aqua EIRL, aproximadamente a 250 m aguas arriba de la comunidad de Tinco, escasa vegetación, lecho pedregoso.	425069	8641286
RSunc1	Río Sunca, aproximadamente a 400 metros aguas arriba del centro poblado Huancachi, se observo pequeños rápidos y algunas viviendas.	422244	8644899
CAÑ1	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 50 metros antes de la confluencia con el río Siria, lecho pedregoso y arenoso.	422159	8644963
RSiri1	Río Siria, aproximadamente a 80 metros aguas arriba del centro poblado Huancachi, presencia de rápidos uno de los márgenes del río bordeado por espigones.	422069	8645170
CAÑ2		421687	8645521
RSiri2	Río Siria, aproximadamente a 300 metros aguas abajo del centro poblado Huancachi	421 572	8 645 811
RSiri3	Río Siria, aproximadamente a 100 metros antes de la confluencia con lo que (se encontraba seca)	420 545	8 646 846
RSiri4		419 145	8 647 215
RSiri5	Río Siria, a la altura de la entrada del distrito de Tomas	419145	8647215
RShin1		418866	8647215
RAlis1	Punto ubicado en el río Alis, a la altura del puente Tomas, aproximadamente a la confluencia de los ríos Siria y Shinhua	418998	8647081
RAlis2	Punto ubicado en el río Alis, aproximadamente a 120 m aguas abajo del distrito de Tomas	418979	8647081
RAlis3	Punto ubicado en el río Alis, aproximadamente a 70 m aguas arriba del distrito de Alis.	414618	8642625
RAlis4	Punto ubicado en el río Alis, aproximadamente a 50 m aguas abajo del distrito de Alis.	414460	8642102
RAlis5	Punto ubicado en el río Alis, aproximadamente a 500 m aguas abajo de la piscigranja del distrito de Alis.	414353	8641611
RAlis7	Punto ubicado en el río Alis, aproximadamente a 120 m aguas abajo de las piscigranjas y a 600 m aguas abajo del distrito de Alis.	413935	8641319
RAlis8	Punto ubicado en el río Alis, aproximadamente a 120 m antes de la confluencia con el río Cañete.	412291	8640911
RCañe1	Punto ubicado en el río aproximadamente a 160 m antes de la confluencia con el río Alis.	412134	8641073
RCañe2	Punto ubicado en el río aproximadamente a 150 m después de la confluencia con el río Alis.	411991	8640832
RCañe3	Punto ubicado en el río aproximadamente a 1 Km aguas abajo de la estación RCañe2.	411473	8640075
RCañe4	Punto ubicado en el río aproximadamente a 630 m aguas abajo del RCañe3.	411453	8639466
RCañe5	Punto ubicado en el río aproximadamente a 830 m aguas abajo del RCañe4.	410925	8638813

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
RCañe6	Punto ubicado en el río aproximadamente a 1.2 Km aguas puente colgante Llapay.	410470	8637664
RCañe7	Punto ubicado en el río aproximadamente a 70 m aguas arriba del centro poblado Llapay.	409921	8637121
RCañe8	Punto ubicado en el río Cañete aproximadamente a 100 m aguas abajo del centro poblado Llapay.	410130	8636810
RCañe9	Punto ubicado en el río Cañete, a 65 m aguas abajo del desvío a Carania.	410064	8635862
CAÑ4	Punto ubicado en el afluente del río Carania	409982	8635815
RCañe10	Punto ubicado en el río aproximadamente a 200 m aguas debajo de RCañe9 y 110 m aguas debajo de la quebrada donde se ubica el punto	409918	8635713

Tabla 99

Estaciones de muestreo de sedimentos correspondientes al informe OEFA 2016

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
SED-QHuac2	Quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 200 metros aguas abajo del club “El Dorado”	426 147	8 642 180	4 121
SED-QHuac3	Quebrada Huacuypacha, aproximadamente a 700 metros aguas arriba de la Comunidad de Tinco	425 589	8 641 825	4 073
SED-QSiri1	Río Siria, aproximadamente a 80 m aguas arriba del centro poblado Huancachi	426 069	8 645 170	3 960
SED-QCañ1	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 50 metros antes de la confluencia con el río Siria.	422 159	8 644 963	4 950
SED-QSiri2	Río Siria, aproximadamente a 300 metros aguas abajo del centro poblado Huancachi	421 572	8 645 811	3 725
SED-QSiri3	Río Siria, aproximadamente a 100 metros antes de la confluencia con lo que (se encontraba seca)	420 545	8 646 846	3 725
SED-QSiri5	Río Siria, a la altura de la entrada del distrito de Tomas	419 145	8 647 215	3 592
SED-RCañe3	Punto ubicado en el río aproximadamente a 1 Km aguas abajo de la estación RCañe2.	411 473	8 640 075	3 068

La representación de la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial, OEFA 2016, que se reportaron en la Tabla 98 se consignan en la Figura 99, asimismo en las Figuras 100 y 101 se muestra la cercanía de los puntos de monitoreo de

calidad de agua MA-02, MA-05 y MA-07 contenidos en el informe OEFA 2016 con los de la presente investigación.

Figura 99

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, OEFA 2016.

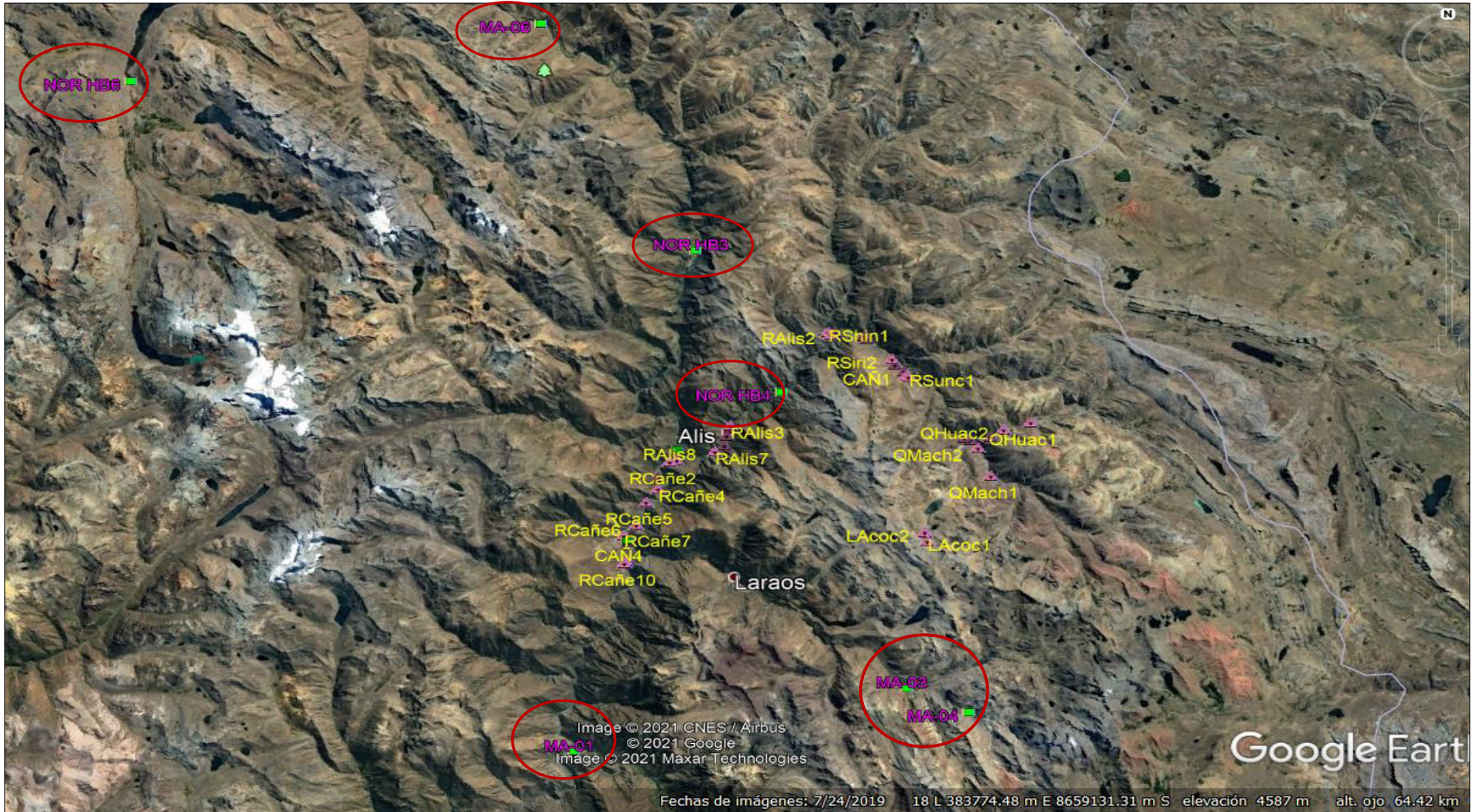
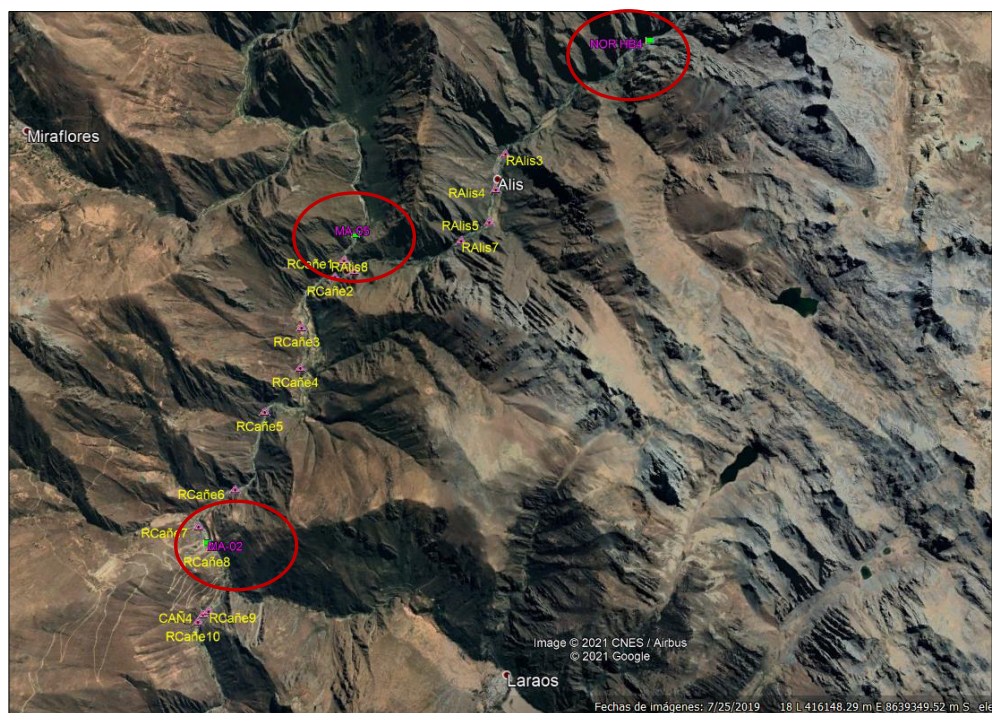
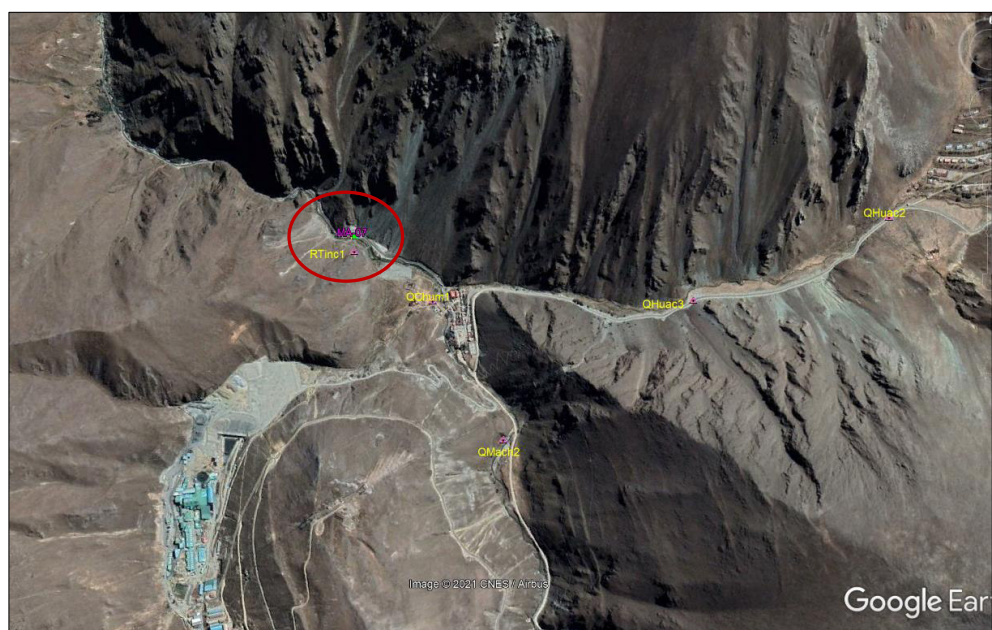


Figura 100

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2016 con relación a las estaciones de la presente investigación MA-02 y MA-05.

**Figura 101**

Representación de los puntos de monitoreo de calidad de agua OEFA 2016 con relación a las estaciones de la presente investigación MA-07.



En la Tabla 100 se registran las estaciones de monitoreo efectuado entre el 07 y 13 de junio del 2016 contenidas en el informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA, que han sido seleccionadas para su comparación con los puntos de muestreo del presente trabajo de investigación.

Tabla 100

Estaciones de muestreo correspondientes al informe OEFA 2016

Estación de la Investigación	Estación OEFA 2016	Comentario
MA-07	RTinc1	Distanciados 50 m.
NOR HB 4	RAlis3	Distanciados 2.8 Km
MA-05	RCañe1/SED-QCañ1	Distanciados 430 m
MA-02	RCañe8	Distanciados 100 m

Los resultados obtenidos de los monitoreos ambientales de calidad de agua superficial y de sedimentos efectuados entre el 07 y 13 de junio del 2016, se registran en la Tabla 101 y la Tabla 102 respectivamente.

Tabla 101

Resultados de calidad de agua superficial de acuerdo al informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA

Parámetro	Comentario
Manganeso (Mn)	<p>Las concentraciones de manganeso se obtuvieron en los puntos QChum1 (0.249 mg/L), RSunc1 (0.109 mg/L), RSiri1 (0.105 mg/L), RSiri2 (0.0992 mg/L), RSiri3 (0.091 mg/L), RSiri4 (0.078 mg/L), RSiri5 (0.084 mg/L), RAlis1 (0.06 mg/L) y RAlis2 (0.05 mg/L), ubicados en la quebrada Chumpe y en los ríos Sunca, Siria y Alis, respectivamente.</p> <p>De los resultados obtenidos, solo la concentración registrada en el punto QChum1, ubicado aproximadamente a 50 m antes de la confluencia con el río Tinco, no cumple con el valor de 0.2 mg/L, establecido en los ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.</p> <p>Respecto al origen natural, el 4.7% de la corteza terrestre está compuesta de hierro^a; puede tener su origen en minerales ferrosos de rocas y suelos; en cambio el manganeso se encuentra abundantemente en rocas metamórficas, sedimentarias y en una cantidad muy pequeña en rocas ígneas^b.</p> <p>En relación con las fuentes antropogénicas, es necesario indicar que los contaminantes inorgánicos que se detectan comúnmente incluyen nitrato, sulfato, color, hierro y manganeso, los cuales se pueden originarse de muchas fuentes especialmente de los derivados de la actividad minera^c.</p>

Parámetro	Comentario
	La exposición de los <i>minerales sulfurosos</i> al aire, agua, procesos microbianos y oxidación que produce drenaje ácido de mina, caracterizado por su alta acidez y a la alta cantidad de metales pesados, principalmente hierro, manganeso y aluminio ^d por lo cual no se descarta que las concentraciones observadas puedan estar relacionadas a las actividades de minería que pueden estar desarrollándose en la zona.
Plomo total (Pb)	Las mayores concentraciones de plomo total se obtuvieron en los puntos: QChum 1 (0.014 mg/L) ubicado en la quebrada Chumpe, RSunc1 (0.006 mg/L) ubicado en el río Sunca, RSiri1 (0.006 mg/L), RSiri2 (0.006 mg/L), RSiri3 (0.006 mg/L) y RSiri5 (0.006 mg/L) ubicados en el río Siria. Los resultados indicaron que los 36 puntos de monitoreo de la calidad de agua cumplieron con el valor recomendado de 0.05 mg/L, para el plomo total (Pb), establecido en los ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Es importante señalar que las concentraciones de plomo en 29 de los 36 puntos de monitoreo, se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio (0.001 mg/L).
Mercurio Total (Hg)	Las concentraciones de mercurio total en todos los puntos de monitoreo evaluados, se encontraron debajo del límite por debajo del ECA.

Nota. Elaborado en base al informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA. ^a Alonso, G. et al. (2004).

Tratamiento alternativo para la remoción de hierro en agua de abastecimiento municipal. Hig. Sanid. Ambiental Capítulo 4. pp. 98-105. ^b Valdivia, J. (1997). Evaluación de procesos de tratamiento de hierro y manganeso solubles en aguas subterráneas. Tesis de la División de Estudios de Postgrado. Facultad de Ingeniería. Sección Ambiental UNAM. ^c Mcquillan, D. et. al. (2000). Agua Subterránea (tesoro enterrado de Nuevo México). Recuperado en www.nmenv.state.nm.us/gwb/Technical%20resources/agua_subterranea.doc. ^d Gamonal, P. (2003). Tratamiento de drenaje de ácidos de minas en humedales construidos. Red Latinoamericana sobre Industrias Extractivas y Desarrollo Sostenible.

Tabla 102

Resultados de calidad de sedimentos de acuerdo al informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA

Parámetro	Comentario
Cadmio Total (Cd)	Los resultados determinan que las mayores concentraciones de cadmio total en las muestras de sedimentos analizadas corresponden a los puntos: Sed-QHuac3 (0.6333 mg/Kg MS); Sed-RSiri3 (2.87 mg/Kg MS); Sed-RSiri1 (2.52 mg/Kg MS); Sed-RSiri2 (1.72 mg/Kg MS), Sed-RSiri5 (1.64 mg/Kg MS); y Sed-RCañe3 (1.57 mg/Kg MS). Los puntos referidos anteriormente (Sed-QHuac3, Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3), excedieron el valor máximo referencial ISQG (0.6 mg/Kg MS) para la concentración de cadmio total. Sin embargo, dichos puntos de monitoreo tienen concentraciones de cadmio que se encuentran por debajo del valor máximo referencial PEL (3.5 mg/Kg MS). En el ambiente, el cadmio generalmente está presente como un mineral combinado con otros elementos. Los más comunes son los complejos con óxidos, sulfuros y carbonatos en minerales de zinc, plomo y cobre, mientras que los complejos con cloruros y sulfatos son menos comunes. Las liberaciones de cadmio al ambiente ocurren como resultado de actividades

Parámetro	Comentario
Mercurio total (Hg)	<p>tanto naturales como humanas. La erosión de minerales de cadmio contenidos en rocas es una fuente significativa de estas liberaciones en las aguas de ríos. Los incendios forestales y los volcanes realizan descargas naturales en el aire. Las actividades mineras, la combustión de combustibles fósiles y residuos domésticos, la aplicación de fertilizantes a los cultivos y otras fuentes industriales pueden también contribuir a los niveles de cadmio en el ambiente^a, por lo cual no se descarta que las concentraciones observadas puedan estar relacionadas a las actividades de minería que pueden estar desarrollándose en la zona.</p> <p>Los resultados determinaron que las mayores concentraciones de mercurio total en las muestras de sedimento analizadas corresponden a los puntos: Sed-RSiri3 (0.78 mg/Kg MS), Sed-RSiri2 (0.52 mg/Kg MS); Sed-RSiri5 (0.43 mg/Kg); y Sed-RCañe3 (0.43 mg/Kg MS).</p> <p>Los puntos Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3, excedieron el valor referencial ISQG (0.17 mg/Kg MS); mientras que los puntos SED-RSiri2 y SED-RSiri3 excedieron los valores referenciales ISQG (0.17 mg/Kg MS) y PEL (0.486 mg/Kg MS).</p> <p>El mercurio es un metal sumamente móvil de tal forma que la contaminación por este elemento resulta un problema mundial. Se sugiere que la presencia de este metal en cuerpos de agua se debe a su transporte desde las áreas de alta minería y tala de árboles, así como efluentes municipales sin tratamiento previo^b; por lo cual no se descarta que las concentraciones observadas puedan estar relacionadas a las actividades de minería que pueden estar desarrollándose en la zona.</p>
Plomo Total (Pb)	<p>Los resultados determinaron que las mayores concentraciones de plomo total en los sedimentos evaluados corresponden a los puntos: Sed-RSiri3 (484 mg/Kg MS), Sed-RSiri1 (310 mg/Kg MS), Sed-RSiri2 (304 mg/Kg MS), Sed-RSiri5 (197 mg/Kg MS); y Sed-RCañe3 (160 mg/Kg MS).</p> <p>Los puntos referidos anteriormente (Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3), excedieron los valores referenciales ISQG (35 mg/Kg MS) y PEL (91.3 mg/Kg MS).</p> <p>En los ríos no contaminados la mayor parte del plomo aparece incorporada en las estructuras cristalinas de materiales detríticos. Sin embargo, en los sedimentos de ríos contaminados figura asociada a la materia orgánica, la fracción fina del sedimento, óxidos hidratados de Fe-Mn, o precipitados en forma de hidróxidos, sulfuros o carbonatos, producidos por actividad minera y aguas residuales sin tratamiento previo^c; por lo cual no se descarta que las concentraciones observadas puedan estar relacionadas a las actividades de minería que pueden estar desarrollándose en la zona.</p>
Zinc Total (Zn)	<p>Los resultados determinaron que las mayores concentraciones de zinc total en los sedimentos evaluados correspondieron a los puntos: Sed-RSiri1 (882 mg/Kg MS), Sed-RSiri 3 (849 mg/Kg MS), Sed-RSiri 2 (544 mg/Kg MS), Sed-RSiri5 (458 mg/Kg MS) y Sed-RCañe3 (373 mg/Kg MS).</p> <p>Los puntos Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3, excedieron los valores referenciales ISQG (123 mg/Kg MS) y PEL (315 mg/Kg MS).</p> <p>En los ríos, los contenidos de zinc aparecen formando un gran número de minerales primarios y secundarios en la litología de la zona, y que son diseminados por acción de las precipitaciones, además una fuente antropogénica de este metal son los sulfuros, producidos por actividad minera y aguas residuales municipales sin tratar^d; por lo cual, no se descarta que las concentraciones observadas puedan estar relacionadas a las actividades de minería que pueden estar desarrollándose en la zona.</p>

Nota. ^a García M. 2008. Tesis para optar al grado de Doctor en Farmacia y Bioquímica: “Evaluación del riesgo por toxicidad crónica a la exposición de Cadmio en animales de experimentación”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. pp. 25-27. ^b Guzman, H. & García, E. 2002. Mercury levels in coral reefs along the Caribbean coast of Central America. *Marine Pollut. Bul. I.* Vol. 44 N° 12. p. 1415. ^c Sola, M. & Cantón, L. 1990. Contaminación por metales pesados en sedimentos superficiales de los ríos de Guipuzcoa. Laboratorio de Contaminación – Departamento de Química Aplicada, San Sebastián. pp 165-172. ^d Romero, J. 2011. Geoquímica de As, Hg, Pb y Zn y mineralogía en sedimentos superficiales de la cuenca de drenaje del distrito minero El Triunfo, B.C.S. México. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias en manejos marinos. La Paz Baja California Sur – México, pp. 4-44.

En la Tabla 103 se presenta en forma sucinta los componentes evaluados y los resultados obtenidos del Informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA.

Tabla 103

Resumen de los componentes evaluados y los resultados obtenidos del informe N° 0268-2016-OEFA/DE-SDCA

Componentes evaluados	Número de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?			¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
		Sí	x	No		
Agua ^a	36	Sí	x	No	pH	QMach2
					Manganeso total	QChum1
Sedimento ^b	8	Sí	x	No	Arsénico total	Sed-QHuac2, Sed-QHuac3, Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3
					Cadmio total	Sed-QHuac3, Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3
					Plomo total	Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3
					Cobre total	Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3
					Zinc total	Sed-RSiri1, Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3
					Mercurio total	Sed-RSiri2, Sed-RSiri3, Sed-RSiri5 y Sed-RCañe3

Nota. ^a ECA para agua, Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales, establecidos en el D.S. N° 015-2015-MINAM, del 19 de diciembre de 2015. ^b Estándar Referencial – Directrices de Calidad Ambiental para Sedimentos en cuerpos de agua dulce de Canadá (*Canadian Council of Ministers of the Environment: Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Summary tables, update 2002. Quebec: Canada*).

En la Tabla 104 y la Tabla 105 se registran las coordenadas de las estaciones de muestreo de agua en la cuenca del río Cañete para consumo humano y uso agrícola correspondientes al año 2009, a fin de ampliar la data existente y lograr un mejor análisis de la información obtenida.

Tabla 104

Coordenadas de los puntos de muestreo de calidad de agua para consumo humano en la cuenca del río Cañete

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
P-3	Aguas debajo de la laguna Chuspicocha a 1 km de la Cordillera Hatunpauca; estas aguas provienen de un manantial del cual se alimenta el distrito de Tanta.	390 357	8 658 339
P-4	Se tomó dentro de un comedor popular ubicado en el distrito de Laraos, por estar su captación en una zona inaccesible. Laraos capta sus aguas de un manantial.	414 531	8 634 984
P-5	Se tomó dentro de una vivienda del distrito de Alis, el cual capta sus aguas de un manantial en una zona muy alejada.	414 459	8 642 226
PM-5	En el límite de la cuenca del río Cañete. Se tomó del rebose de una caja de agua, el cual se alimenta del manantial Chaucha; estas aguas son conducidas a las comunidades de Chaucha y Tomas.	430 567	8 649 486

Nota. Datos tomados del INP de la RPNYC, MINAM 2009.

Tabla 105

Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua para uso agrícola en la cuenca del río Cañete

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
M-2	Se ubicó en el curso del río Cañete, parte alta, límite con la RPNYC en el distrito de Laraos.	407550	8628851

Código	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS 84 – Zona 18S	
		Este	Norte
M-4	Se tomó en el curso del río Cañete, parte alta, en la jurisdicción del anexo Tinco Alis, distrito de Alis, unos metros río arriba de la carretera que sube a dicho distrito.	412114	8641055

Nota. Datos tomados del INP de la RPNYC, MINAM 2009.

En la Tabla 106 se consignan y se comparan los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos con los ECA de agua, D.S. N° 002-2008-MINAM (Categoría 1: Poblacional y Recreacional, sub-categoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) y en la Tabla 107 se registran y se comparan los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos en las estaciones de agua para uso agrícola con los ECA de agua (categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales):

Tabla 106*Resultados físico-químicos de agua superficial para consumo humano en la cuenca del río Cañete*

Parámetro	Unidades	Puntos de Muestreo				ECA-A1 ^a	Comentario
		P-3	P-4	P-5	PM-5		
Sulfatos	mg/L	125.1	120.4	129.6	142.4	250	No se supera el valor límite.
Carbonatos	mg/L	3.1	2.9	3.0	1.9	NE	No hay valor límite
Cloruros	mg/L	130.4	135.1	128.6	117.8	250	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Nitrato	mg/L	19.4	16.7	20.3	16.1	10	Se superan el valor límite del ECA.
Sodio	mg/L	39.7	37.2	39.2	36.4	NE	No hay valor límite
Magnesio	mg/L	20.8	22.6	22.9	21.4	NE	No hay valor límite
Alcalinidad	mg/L	51.2	50.6	49.5	43.7	NE	No hay valor límite
Boro	mg/L	0.09	0.14	0.18	0.14	0.5-6	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Turbidez	UNT	0.65	0.19	0.18	0.24	5	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Sólidos Totales	mg/L	385.4	365.1	420.6	418.7	1000	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
pH	Unid	6.562	6.536	6.524	7.530	6.5-8.5	Los valores se encuentran en el rango permitido
Hierro total	mg/L	0.038	0.05	0.041	0.037	0.3	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Cobre Total	mg/L	0.115	0.121	0.097	0.108	2	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Zinc Total	mg/L	0.003	0.005	<0.003	<0.003	3	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Manganeso Total	mg/L	0.008	0.005	0.007	0.010	0.1	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Plomo Total	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.01	Los valores superan del valor límite.
Cadmio Total	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Dureza Total	mg/L	173.3	164.3	181.6	146.2	500	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.

Nota. Datos tomados del INP de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, MINAM 2009. ^a

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Clase A1, del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. NE: No establece valor límite para la categoría.

Tabla 107*Resultados físico-químicos de agua superficial de uso agrícola en la cuenca del río Cañete*

Parámetro	Unidades	Puntos de Muestreo		ECA-Cat. 3 ^a	Comentario
		M-2	M-4		
Sulfatos	mg/L	138.9	183.6	300	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Bicarbonatos	mg/L	198.2	164.7	370	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.

Parámetro	Unidades	Puntos de Muestreo		ECA-Cat. 3 ^a	Comentario
		M-2	M-4		
Carbonatos	mg/L	3.1	2.9	5	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Cloruros	mg/L	139.2	162	100 - 700	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Fluoruros	mg/L	0.29	0.19	1	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Nitratos	mg/L	8.6	6.1	10	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Sodio	mg/L	98.1	124.3	200	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Calcio	mg/L	38.3	40.8	200	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Magnesio	mg/L	18.9	19.6	150	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Potasio	mg/L	12.7	13.2	NE	
Boro	mg/L	0.46	0.61	0.5-6	La estación ubicada en la cuenca Cañete supera ligeramente el valor límite.
Conductividad específica	mS/cm	0.56	0.49	<2	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Sólidos totales	mg/L	397.5	413.5	1000 (1)	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
pH	Unid	7.864	8.118	6.5-8.5	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Hierro total	mg/L	0.992	1.003	1	La estación ubicada en la cuenca Cañete supera ligeramente el valor límite.
Cobre total	mg/L	0.084	0.064	0.2	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Zinc total	mg/L	0.11	0.091	2	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Manganeso total	mg/L	0.133	0.098	0.2	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Plomo total	mg/L	<0.02	<0.04	0.05	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Cadmio total	mg/L	<0.003	<0.003	0.005	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Cromo total	mg/L	<0.003	<0.003	1.1	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.
Dureza total	mg/L	150.2	175.42	500	Los valores se encuentran por debajo del valor límite.

Nota. INP de la RPNYC, MINAM 2009. ^a Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Del análisis efectuado a la data registrada en los informes correspondientes a mayo y junio 2013, diciembre 2014 y 2015 de la ANA y anotadas en el ítem 4.9. Actividades Humanas, así como, de los registros de información asentada entre las páginas 186 y 229 y que se presentan a continuación en los puntos 1, 2, 3, 4 se puede deducir:

1. En el informe de mayo del año 2013, que se realizó en la **temporada de avenidas**, los dos parámetros que sobrepasaron el ECA fueron la concentración de **hierro** (en la estación RAlis 1 y de **coliformes termotolerantes** en las estaciones RAlis1, RMiraflores y RCañe6.
2. En el informe de junio del año 2013, que se realizó en la **temporada de estiaje**, los parámetros cuyas concentraciones estuvieron fuera del valor límite del ECA fueron: **oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, manganeso y coliformes termotolerantes.**
3. En el informe de diciembre del 2014, que se realizó en la temporada de avenidas, los parámetros cuyas concentraciones estuvieron fuera del valor límite del ECA fueron: **oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, plomo, cadmio, cobre y zinc** (en la laguna Pacocha) y coliformes termotolerantes en el río Miraflores, río Cañete y quebrada Yauyos.
4. En el informe de diciembre del 2015, que se realizó en la temporada de estiaje, los parámetros cuyas concentraciones estuvieron fuera del valor límite del ECA fueron: potencial de hidrógeno, DBO₅, níquel, arsénico, cobre y zinc (en la laguna Pacocha) y selenio y manganeso en la mayoría de las estaciones de monitoreo y coliformes termotolerantes en el río Alis y en el río Cañete.

En base a ello, podemos deducir, que al margen de la temporalidad en que se superan los valores límites del ECA para cada parámetro de calidad de agua se observa que las estaciones de monitoreo relacionadas a la actividad minera (QTinc, RAlis, LPaco) son las que

presentan mayor recurrencia en la excedencia de concentración de metales totales (parámetros conservativos).

Mientras que, en las estaciones relacionadas a **efluentes domésticos** en el río Cañete, río Miraflores y quebrada Yauyos se presenta la mayor recurrencia de superación de la concentración de coliformes totales (parámetro no conservativo).

Esto permite inducir que, aunque la variación temporal de los parámetros físico, químicos y microbiológicos no son tan evidentes ni siguen una tendencia clara pues fueron evaluados en temporadas distintas y existen limitaciones en cuanto a la información sobre los caudales en las estaciones de monitoreo que solo se presenta en el primer informe de la ANA correspondiente al mayo del 2013 lo que no permite relacionar las concentraciones con el caudal. Los resultados corroborarán la hipótesis del presente trabajo de investigación respecto a la degradación de la calidad biológica de agua.

Por otro lado, de acuerdo a los comentarios vertidos en el informe OEFA correspondiente al año 2016 precisa que en la estación de calidad de sedimentos SED-QCañe1 que es cercana a la estación de la investigación MA-05 no se identificó la superación de los valores límites internacionales de calidad de sedimentos pero que, en la mayoría de estaciones los sedimentos presentan altas concentraciones de cadmio, mercurio, plomo y zinc que si superan estos valores límite internacionales.

De lo expuesto se puede colegir que, los resultados obtenidos indican que la calidad del medio acuático no es buena y que se ha degradado la calidad biológica del agua debido a que los lugares de depositación donde la pendiente es menor han contribuido a sedimentar y acumular los metales totales perjudicando a los macroinvertebrados bentónicos originales y se ha modificado la estructura comunitaria de macroinvertebrados durante el período de estudio.

En el Anexo 6 se presenta el diagrama de parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua superficial e índices bióticos BMWP y ABI 2018 obtenidos del análisis de los macroinvertebrados bentónicos identificados en las estaciones de muestreo de la presente investigación, cuyo objetivo es representar gráficamente en que estaciones de monitoreo los parámetros superan los ECA de calidad de agua superficial y los límites internacionales canadienses para calidad ambiental de sedimentos a fin de asociarlos a las fuentes de contaminación identificadas en el ámbito de estudio y en general, en toda la cuenca del río Cañete.

VI. Conclusiones

El contrastaje de la data de macroinvertebrados bentónicos entre los períodos de análisis (2009 – 2018) determinó que en la parte alta de la cuenca del río Cañete RPNYC (Sector Reserva Paisajística Nor-Yauyos) se ha producido un cambio en la calidad biológica del agua en razón de que:

- a. Se logra distinguir que el valor de los índices de biodiversidad entre los años 2009 y 2018, en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua consideradas en la parte alta de la cuenca del río Cañete, sector RPNYC, ha disminuido. En el caso del índice de diversidad de Shannon-Wiener ha decrecido en un promedio de 49,17% mientras que el índice de Margalef se ha contraído en un promedio de 1,44%.
- b. Se puede percibir que el valor de los índices bióticos entre los años 2009 y 2018, en las estaciones de monitoreo de calidad hidrobiológica de agua consideradas en el sector de la cuenca del río Cañete dentro de la RPNYC en forma general han disminuido. Respecto a la estación de muestreo NOR-HB-03 índice EPT se ha mantenido en 0 con la calificación de MALA, en el índice IBF ha variado de 6,89 a 7,87 manteniendo la misma calificación de MALA, en el índice BMWP varió de 112 a 230 manteniendo la calificación de BUENA y en el índice ABI varió de 116 a 199 manteniendo la calificación de EXCELENTE. Con respecto a la estación de muestreo NOR-HB-04 el índice EPT disminuyó de 39% a 23% disminuyendo su calificación de REGULAR a MALA, el índice IBF varió de 5,85 a 6,23 disminuyendo su calificación de REGULAR a MALA, en el índice BMWP varió de 273 a 43 disminuyendo su calificación de EXCELENTE a DUDOSA y en el índice ABI varió de 203 a 34 disminuyendo su calificación de EXCELENTE a REGULAR. Por último, la estación NOR-HB-06, el índice EPT aumento de 0% a

20% manteniendo su calificación de MALA, el índice IBF varió de 6,89 a 6,8 manteniendo su calificación de MALA, en el índice BMWP varió de 112 a 36 disminuyendo su calificación de BUENA a DUDOSA y en el índice ABI varió de 116 a 27 disminuyendo su calificación de EXCELENTE a REGULAR. Por lo que podemos decir, que en dos de las tres estaciones la calidad del agua ha disminuido.

- c. Se determinó que, la calidad biológica actual en las estaciones de muestreo ubicadas en el sector de la cuenca del río Cañete dentro de la RPNYC varía según el índice biótico, sin embargo, se puede advertir utilizando al índice BMWP que la calidad biológica en la estación NOR-HB-06 es DUDOSA, en la estación MA-06 es ACEPTABLE, en la estación NOR-HB-03 es buena, en la estación MA-07 es MUY CRÍTICA, en la estación NOR-HB-04 es DUDOSA, en la estación MA-02 es ACEPTABLE, en la estación MA-04 es DUDOSA, en la estación MA-03 es MUY CRÍTICA y por último, en la MA-01 es BUENA.

VII. Recomendaciones

- a. Se debe efectuar monitoreos continuos con el fin de discriminar la variabilidad ambiental natural de la antropogénica y tomar acciones de mitigación oportunamente. No se debe obviar, que los ríos son ecosistemas acuáticos que tienen estrecha relación con los ecosistemas terrestres, es importante evaluar dentro de su complejidad las áreas aledañas que incluyen las plantas, animales y actividades agropecuarias, así como toda actividad que implique intervención en el río, o en las áreas del entorno y que afecten el comportamiento del río y las estructuras de las comunidades que viven en él. Hasta la fecha, no se tiene información de cómo la calidad biológica del agua está interactuando con los otros elementos del ecosistema y con la calidad paisajística en este sector de la RPNYC. Para ello, se debe realizar la capacitación de los pobladores de los centros poblados inmersos dentro del área de estudio de la presente investigación, así como del área de la RPNYC para que sean capaces de identificar las especie de macroinvertebrados bentónicos y organizarlos para que puedan llevar a cabo monitoreos continuos de la calidad biológica del agua.
- b. Es pertinente, efectuar muestreos en la época seca y en la de transición (cambio de régimen entre el fin del periodo seco y el principio del periodo de lluvias), ya que, durante estas se encuentran más estables los hábitats acuáticos. Se considera prioritaria la elección de un mejor índice biótico de calidad biológica de agua, para su aplicación y el establecimiento de un procedimiento metodológico estándar.
- c. Se hace necesario evaluar el cambio en el régimen hidráulico y la dinámica fluvial de la parte alta de la cuenca del río Cañete, debido, a que, en marzo de acuerdo a la información histórica del año promedio, le correspondía condiciones

hidrometeorológicas estables, sin embargo, en los últimos años ha persistido el periodo de lluvia y el incremento de los caudales.

- d. Es importante, tener permanentemente actualizada la ubicación espacial de las actividades antrópicas potencialmente impactantes con el entorno y el área de estudio, georeferenciado las instalaciones dedicadas a piscigranjas, actividades agropecuarias, minería y otras, que pueden generar la alteración de la calidad biológica del agua y de la Reserva Paisajística Nor Yauyos- Cochas.
- e. Un ejemplar del presente trabajo será entregado a las autoridades responsables del manejo sostenido y racional de la RPNYC de acuerdo al compromiso contraído, para los fines que consideren pertinentes.

VIII. Referencias

- Acosta R., C. R. (2009). *Estudio de la Cuenca Altoandina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas* [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona].
http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_RAUL_ACOSTA.pdf
- Agudelo P., J. y AlvearD., A. E. (2015). *Estudio de la sedimentación de los sólidos presentes en el tratamiento primario del agua residual doméstica de la ciudad de Cali* [Tesis de grado, Universidad del Valle].
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8971/3754-0505719.pdf;jsessionid=CB883699A00CA40FE22AD51171769459?sequence=1>
- Alba T., J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada.
[file:///C:/Users/user/Downloads/Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_agua%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_agua%20(1).pdf)
- Allan, J.D. y Castillo, M. M. (1995). *Stream ecology: structure and function of running waters* [ecología de arroyos: estructura y función de las aguas corrientes]. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, 388 pp. Diatoms of North America.
https://books.google.com.pe/books?id=4tDNEFcQh7IC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Anónimo (2018). *Contaminación, vertidos y auto-depuración*. (2018).
http://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/PT_Temas1&2.pdf
- Australian and New Zealand Environment Conservation Council [ANZECC] (2000). *An introduction to the Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality* [Directrices de Australia y Nueva Zelanda para la calidad del agua dulce y marina]. National Water Quality Management Strategy. Camberra, Australia.

<https://www.waterquality.gov.au/sites/default/files/documents/anzecc-armcanz-2000-guidelines-vol1.pdf>

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2013). *Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca cañete, mayo 2013*. informe técnico N° 017-2012-ANA-DGCRH/CGEL.
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/2946>

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2013). *Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Cañete, junio 2013*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2573>

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2014). *Resultado del monitoreo de la calidad de agua de la cuenca del río Cañete, diciembre 2014*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/2574>

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2015). *Informe técnico de resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Cañete, diciembre 2015*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/2191>

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>

Bailey, S. E., Olin, T. J., Bricka, M., & Adrian, D. (1999). A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals [Una revisión de los sorbentes potencialmente bajos en costo para metales pesados]. *Elsevier Science*, p.12.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135498004758?via%3Dihub>

Barbour M., Gerritsen J., Snyder B. & Stribling J. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition*. [Protocolos rápidos de bioindicación para su uso en arroyos y ríos vadeables: Periphyton, macroinvertebrados y peces bentónicos].

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/rapid-bioassessment-streams-rivers-1999.pdf>

Barrera A., M. F. y Monroy M., B. S. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada la Esmeralda (Bojaca, Cundinamarca) por medio de macro-invertebrados acuáticos* [Tesis de grado, Universidad distrital Francisco José de Caldas].

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4716/BarreraAlfonsoMar%EDa;jsessionid=ED9FA2DE137C5261F4606AE6488B72E9?sequence=1>

Beita S., W. (2008). *Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica* [tesis de grado, Universidad de Costa Rica].

http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG%20_%E2%80%9CCaracterizaci%C3%B3n%20fisicoqu%C3%ADmica%20de%20las%20aguas%20superficiales%20de%20la%20cuenca%20del%20r%C3%ADo%20Rinc%C3%B3n%20en%20la%20Pen%C3%ADnsula%20de%20Osa%2C%20Puntarenas%2C%20Costa%20Rica%E2%80%9D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS] (1979). *Guía para la evaluación de laboratorios bacteriológicos de análisis de aguas*. Lima, Perú.

<http://www.rimd.org/busqueda.php?busca=Gu%EDa+para+la+evaluaci%F3n+de+laboratorios+bacteriol%F3gicos+de+an%Elisis+de+aguas&x=0&y=0>

CESEL Ingenieros (2015). *Estudio de impacto ambiental del proyecto: Entral hidroeléctrica Chilla, Ancash-Huánuco*.

<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20electricidad/EIA/EIA-HIDRO%20CHILIA-2015/4.5.8%20Hidrobiolog%ADa.Rev.0%2029.04.15.pdf>

- Chapman, D. (1992). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* [Evaluaciones de la calidad del agua: una guía para el uso de biota, sedimentos y agua en el monitoreo ambiental].
https://www.researchgate.net/publication/237320993_Water_Quality_Assessments_-_A_Guide_to_Use_of_Biota_Sediments_and_Water_in_Environmental_Monitoring_-_Second_Edition
- Consejo de Europa (1968). La carta europea del agua. http://tragua.com/wp-content/uploads/2012/04/Carta_Europea_del_Agua.pdf
- Cordero, P. (2015). *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8746>
- Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán –Argentina.
file:///C:/Users/user/Downloads/57.Dominguezetal.2009._Cap.Ephemeroptera_MacroinvertebradosBentonicos.pdf
- Duncan, M. P. (1974). *Bacteriology for Sanitary Engineers* [Bacteriología para ingenieros sanitarios]. London, Churchill Livigstone.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/146642407509500526>
- Figueroa, R, Valdovinos, C. Araya E. y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*. 76(2). 275-285. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2003000200012&script=sci_arttext
- Gallozo-Huerta, A. & Yauri-Cochachin, J. P. (2017). *Macroinvertebrados acuáticos como Bioindicadores de la calidad del agua, relacionados con metales pesados en la subcuenca Yanayacu – Ancash* [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antunez

- de Mayolo]. <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/TESIS-Macroinvertebrados-acu%C3%A1ticos-como-bioindicadores-de-la-calidad-del-agua-relacionados-con-metales-pesados-en-la-Sub-Cuenca-Yanayacu-Ancash-Setiembre-2015-Abril-2016..pdf>
- Gamboa, M., Reyes, R. y Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2), 109–120.
https://www.researchgate.net/publication/239586192_Macroinvertebrados_benticos_como_bioindicadores_de_salud_ambiental
- Gómez L., W., Zamora T., N, y Rosales V., J: (20113). *Zonificación agroclimática de la quinua y kiwicha en la cuenca de río Cañete, utilizando los sistemas de información geográfica*. <file:///C:/Users/user/Downloads/8-Texto%20del%20art%C3%ADculo-24-1-10-20170120.pdf>
- Herrero B., T. (2014). *Impacto de los drenajes ácidos en los ecosistemas acuáticos producidos por la minería del carbón en el Bierzo: Bioacumulación de metales pesados y evolución de las comunidades biológicas* [Tesis doctoral, Universidad de León]. file:///C:/Users/user/Downloads/tesis_be6fa1.PDF
- Hilsenhoff, W. L. (1988). *Evaluación rápida de campo de la contaminación orgánica con un índice biótico a nivel familiar*. <https://www.jstor.org/stable/1467832?seq=1>
- Hurtado, S., García T., F. y Gutiérrez Y., P.J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(3), 271-286. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42444301>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2007). *Sólidos Suspendidos Totales en Agua Secados a 103 – 105 °C* [Archivo PDF] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

Instituto Nacional de Recursos Naturales (1994). *Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Vertiente del Pacífico – Cuenca del río Cañete*. Perú.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (2000). *Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Cañete*. Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3897>

Instituto Nacional de Recursos Naturales (2006). *Plan Maestro 2006 - 2011 de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas*. Perú.

Jacobsen, D. (1998). El efecto de la contaminación orgánica en la fauna de macroinvertebrados de los arroyos del altiplano ecuatoriano. *Archiv für Hydrobiologie*, 143(2), 179-195.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1429140&pid=S0034-7744201400060001700064&lng=en

Jacobsen, D. y Encalada, A. (1998). La fauna de macroinvertebrados de los arroyos del altiplano ecuatoriano en la época húmeda y seca. *Archiv für Hydrobiologie*, 142(1), 53-70.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1429140&pid=S0034-7744201400060001700064&lng=en

Jaramillo I., J. C. (2006). Estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el área del embalse Porce II y su relación con la calidad del agua. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(8), 45-58. <https://www.redalyc.org/pdf/750/75050805.pdf>

Jáuregui A., D. Y. (2019). *Determinación de la Calidad del Agua empleando Macroinvertebrados Bentónicos y Parámetros Físico-químicos en el río Sendamal - Celendín* [tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3299/JAUREGUI%20ARAUJO%20DAYSI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ladrera F., R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Ppinas de Información Ambiental*, 39, 24-29.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.

Loayza M., R. (2016). *Macroinvertebrados como indicadores de a calidad del agua*.

Universidad PeruanaCayetana Heredia [PDF].

file:///C:/Users/user/Downloads/Macroinvertebrados_como_indicadores_de_l.pdf

Lopes, J.F., Dias, J. M., Cardoso, A. C. & C. I. V. Silva. (2005). The water quality of the Ria de Aveiro lagoon, Portugal: From the observations to the implementation of a numerical model [La calidad del agua de la laguna Ría de Aveiro, Portugal: de las observaciones a la implementación de un modelo numérico]. *Marine Environmental Research*, 60(5), 594-628.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113605000449?via%3Dihub>

Lozano O., L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo. *Umbral Científico*, (7), 5-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400702>

Mafla, M. (2005). *Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamanca - Costa Rica*. Centro agronómico Tropical de investigación y Enseñanza [CATIE].

http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2267/Guia_para_evaluaciones_ecologicas_rapidas_con_indicadores_biologicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Marín G., R. (2003). *Fisicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- https://books.google.com.pe/books?id=k8blixwJzYUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Mercedes, K. (2009). *Estudio de Calidad de Agua usando como bioindicadores a Macroinvertebrados Bentónicos en Canta – Río Chillón*.
- [Tesis de Grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Versión impresa.
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (2020). *Estudio de Impacto Ambiental del proyecto: “Central Hidroeléctrica Chilia” Ancash-Huánuco*. [Archivo PDF].
- <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20%20electricidad/EIA/EIA-HIDRO%20CHILIA-2015/4.5.8%20Hidrobiolog%C3%ADa.Rev.0%2029.04.15.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (2020). *Sistema de Evaluación Ambiental en Línea (SEAL)*. <http://extranet.minem.gob.pe/seal>
- Ministerio de Energía y Minas. [MINEM]. (2020). *Estudio de Factibilidad Central Hidroeléctrica San Gabán III Estudio de Impacto Ambiental*. [Archivo PDF].
- <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20electricidad/EIA/EIA%20SAN%20GABAN%20III/11.0%20PLAN%20DE%20MONITOREO.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM)- Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural (2011). *Inventario y Evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas*. [Archivo PDF].
- <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/155029/patrimonio-natural.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM] (2014). *Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. [Archivo PDF].

<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%c3%a9todos-de-Colecta-identificaci%c3%b3n-y-an%c3%a1lisis-de-comunidades-biol%c3%b3gicas.compressed.pdf>

Moreau S., Bertru, G. & Buson C (1998). Seasonal and spatial trends of nitrogen and phosphorus loads to the upper catchment of the river Vilaine (Brittany): relationships with land use [Tendencias estacionales y espaciales de las cargas de nitrógeno y fósforo en la cuenca alta del río Vilaine (Bretaña): relaciones con el uso del suelo]. *Oceans, Rivers and Lakes: Energy and Substance Transfers at Interfaces*, 247-258.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-5266-2_20

Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Centro de Investigaciones Biológicas. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1.

<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>

Moya, N.; Domínguez, E.; Goitia, E. y Oberdorff, T. (2011). Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia. *Ecología Austral*, 21(2), 135-147. http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1281

Naranjo L., J. C., López D., P. (2013). Biological Monitoring Working Party, un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos.

Revista Ciencia en su PC 2, abril-junio, 15-25.

<https://www.redalyc.org/pdf/1813/181328708003.pdf>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2013), Informe N° 084-2013.

<https://www.gob.pe/institucion/oeфа/informes-publicaciones/1844892-resolucion-n-084-2013-oeфа-tfa>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2015). Informe N° 115-2015-

OEFA/DE-SDCA. https://www.oeфа.gob.pe/?wpfb_dl=15035

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2016). Informe N° 268-2016-

OEFA/DE-SDCA

Orozco B, C., Perez, A., González, N., Rodriguez, F. & Alfayete, J. (2011). *Contaminación Ambiental: Una visión desde la química*. Ediciones Paraninfo. España.

https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--una-vision-desde-la-quimica?gclid=CjwKCAjwqIiFBhAHEiwANg9szk5j9jpIcAllUi5g9dP4kX4Ex7mzsJqC783uY5orCp92XNbkghvmhoCONQQA_vD_BwE

Osorio, A. y R. Céspedes (2000). Efecto de Métodos de riego localizado en la salinidad del perfil de suelo en Vid de Mesa: Conductividad Eléctrica, Sodio, Cloro y Boro en distintos puntos del perfil. *Agricultura Técnica*, 60(2), 178-194.

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072000000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Paredes, C., J. Iannaccone & L (2005). Alvariño. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista peruana entomológica*, 44(1), 107-118.

<https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/189>

Pave, P.J. y Marchese, M. (2005). *Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-entre ríos, Argentina)*.

https://www.researchgate.net/publication/228868716_Invertebrados_bentonicos_como_Indicadores_de_calidad_del_agua_en_rios_urbanos_Parana-Entre_Rios_Argentina

Payment, P. (1991). Fate of Human Enteric Viruses, Coliphages and *Clostridium perfringens* during drinking-Water Treatment [Destino de virus entéricos humanos, colifagos y *Clostridium perfringens* durante el tratamiento del agua potable]. *Canadian Journal of Microbiology*, 154-157. <https://cdnscepub.com/doi/10.1139/m91-023>

Pimentel J. Helen F. (2014). *Análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo; usando Macroinvertebrados Bentónicos en ríos Altoandinos. Camisea 2009-2012* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1906/P10_P55%20-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prat, N.; Acosta, R.; Villamarín, C. y Rieradevall, M. (2018). *Guía para rereconocimiento de las larvas de chironomidae (díptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú*. <http://www.ub.edu/riosandes/docs/CLAVE%20MACROMORFOLOGIA%20LARVAS%20V10.pdf>

Prat, N.; Ríos, B.; Acosta, R. y Rieradevall, M. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. <http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0908.pdf>

Prat, Narcís (2000). *Andanzas y Desventuras de un ecólogo en los juzgados del Reyno*. Editorial Milenio. <https://books.google.com.pe/books?id=VsD8wQEACAAJ&dq=Andanzas+y+Desventuras+de+un+ec%C3%B3logo+en+los+juzgados+del+Reyno&hl=qu&sa=X&ved=2ahUKEwi1ttbxktXwAhXyIrkGHXlrDIgQ6AEwAHoECAAQAQ>

Ramos O., L., Vidal, L., Vilardy Q., S. y Saavedra-Díaz, L. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa

Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 87-98.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028004007>

Rincón R., J., Córdova V., G. E. y González M., H. A. (2008). *Índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos andinos del sur del Ecuador*.

<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6852>

Roldán P. G. A. (2003). *Bioindicación de la calidad de las aguas en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Editorial Universidad de Antioquía.

https://books.google.com.pe/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Roldán P., G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(155), 254-274.

<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

Ruiz Ayala, Y. S. (2015). *Evaluación de la Calidad de Agua mediante Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores en el Río Yanayacu – Ancash* [tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional.

Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, Sociedad Venezolana de Ecología, 16(2), 45-63.

https://www.researchgate.net/publication/284495760_El_uso_de_los_macroinvertebrados_benticos_como_indicadores_de_la_condicion_ecologica_de_los_cuerpos_de_agua_corriente

Tejero, I., Suarez, J y Jacome, A. (2006). *Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Universidad de La Coruña.

https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/1_Ing-Amb-y-San_Origen-evoluci%c3%b3n-y-concepto_v2015_resumen.pdf

Vannote, R. L., Minshall, G., Cummins, K., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. (1980). The river continuum concept [Teoría del río continuo]. *Canadian Science Publishing*, 37(1.).

<https://uncw.edu/cms/aelab/documents/mallins%20classes/the%20river%20continuum%20concept.pdf>

Zilli, F. y Gagneten, M. (2005). *Efectos de la contaminación por metales pesados sobre la comunidad bentónica de la cuena del arroyo Cululú* (río salado del norte, Argentina).

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000300009

IX. Anexos

Anexo A
Antecedentes de muestreos

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

CARGO

INFORME N° 115-2015-OEFA/DE-SDCA

A : **GIULIANA BECERRA CELIS**
Directora de Evaluación

De : **ADY ROSIN CHINCHAY TUESTA**
Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental

BEATRIZ ESTHER CUPE FLORES
Tercero Evaluador

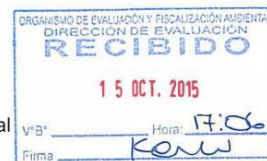
JUAN CARLOS QUIÑONEZ GONZALES
Tercero Evaluador

Asunto : Informe de visita de reconocimiento y toma de parámetros *in situ* en agua superficial realizado en los distritos de Tomas, Alis y Miraflores, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

Tipo de Informe: Informe de Monitoreo Ambiental

Referencia : Oficio N° 029-2014-D-C-Chi
(HT N° 2014- E01-040042)

Fecha : Lima, 14 OCT. 2015



I. INFORMACIÓN GENERAL

a.	Zona	Cuenca del río Cañete, distritos de Tomas, Alis y Miraflores, provincia de Yauyos, departamento de Lima.			
b.	Ámbito de influencia	Laguna Acococha, quebradas Chumpe, Huacuypacha y Machay y ríos Shinhua, Tinco, Sunca, Alis y Cañete, ubicados en los distritos de Tomas, Alis y Miraflores, provincia de Yauyos, departamento de Lima.			
c.	Problemática de la zona	Muerte de truchas en los años 2012 y 2013 por la presunta contaminación del río Cañete, atribuida a las actividades de la Unidad Minera Acumulación Yauricocha de propiedad de Cerro Corona S.A.			
d.	¿A solicitud de quién o qué se realiza la actividad?	Denuncia de la población de Huancachi, mediante el Oficio de la referencia.			
e.	¿Se realizó en el marco de un Espacio de Diálogo, Mesa de Diálogo o Mesa de Desarrollo?	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	SI	NO	X
SI	NO	X			



Anexo B Autorización de ingreso



PERÚ

MINISTERIO DEL AMBIENTE

Servicio Nacional de Áreas
Naturales Protegidas por el
EstadoReserva Paisajística Nor
Yauyos Cochas

Huancayo 26 de febrero del 2018

CARTA N° 005-SERNANP-RPNYC/JSEÑORA
CLARAJULIA RABORG VILLEGASHUANCAYO
Presente.-

Asunto: Notificación de Resolución

Referencia: Resolución de Jefatura de La Reserva
Paisajística Nor Yauyos Cochas N° 001-2018-SERNANP-JEF

Me es muy grato dirigirme a Usted haciéndole llegar los saludos muy cordiales a nombre de la Jefatura de la Reserva paisajística Nor Yauyos Cochas y el mío propio y a la vez remitirle adjunto al presente la **resolución de jefatura de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, N° 001-2018-SERNANP-JEF de fecha 21 de febrero**, donde se le otorga la autorización de ingreso para realizar investigación científica con colecta dentro de nuestra Área Natural Protegida, para su conocimiento y fines que crea por conveniente.

Sin otro particular, quedo de Usted.

Atentamente.



Gonzalo Quiroz Jiménez

Jefe Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas



**RESOLUCIÓN JEFATURAL DE LA RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYOS
COCHAS
N° 001-2018-SERNANP-JEF**

Huancayo, 26 de febrero del 2017

VISTO:

Mediante solicitud S/N de fecha de recepción 08 de febrero del 2018 la Señorita **CLARAJULIA RABORG VILLEGAS**, con **DNI 45933687**, Egresada de la **Universidad Nacional Federico Villareal – Lima**, solicita a la Jefatura de la RPNYC autorización para realizar investigación científica dentro del ANP por el periodo de 18 mes y con trámite gratuito.



CONSIDERANDO:

Que, a través del numeral 2 de la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, se crea el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP como organismo técnico especializado del Ministerio del Ambiente, constituyéndose en el ente rector del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SINANPE, y en su autoridad técnica normativa;

Que, el Decreto Supremo N° 002-2012-MNAM aprueba el Texto Único de Procedimientos Administrativos-TUPA del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas-SERNANP, cuyo Procedimiento Administrativo N° 04, regula la autorización para realizar investigación científica en un Área Natural Protegida del SINANPE por el periodo de hasta un (1) año;

Que, de conformidad con el artículo 29° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, el estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, la misma que sólo será autorizada si su desarrollo no afecta los objetivos primarios de conservación del Área Natural Protegida en el cual esta se lleve a cabo, y se respete la zonificación y condiciones establecidas en el Plan Maestro de esta última;

Que, en este mismo sentido, el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, señala que la investigación científica es considerada como uno de los objetivos de creación de las Áreas Naturales Protegidas, y como una actividad inherente al SINANPE y su gestión, no contando dicha actividad con restricción alguna en la medida que cumpla la normatividad, y no se contraponga con los objetivos de creación del Área Natural Protegida en cuestión, y sus instrumentos de planificación;

Que, Mediante Resolución Presidencial N° 0287-2015-SERNANP, de fecha 23 de diciembre del 2015, se aprueban las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, la misma que promueve y regula la gestión de la investigación realizadas al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, mediante el Decreto Supremo N°010-2015-MINAM, se promueve el desarrollo de investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas, las mismas que serán de trámite gratuito, y a través de procedimientos simplificados y expeditivos;



Que, mediante escrito del visto, la Señorita **CLARAJULIA RABORG VILLEGAS**, con DNI **45933687**, Egresada de la Universidad Nacional Federico Villareal – Lima, solicita autorización para realizar su Investigación titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA CAÑETE (SECTOR RESERVA PAISAJÍSTICA NOR- YAUYOS COCHAS) MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”** con fines netamente académico en el ANP, por el periodo comprendido de **18 meses** (febrero 2018 – agosto 2019)

Que, a través del documento del visto, la Jefatura de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas concluye que la solicitud de autorización de investigación formulada, cumple con todos los requisitos estipulados en el Procedimiento Administrativo N°4 del Texto Único de Procedimientos Administrativos del SERNANP, enmarcándose asimismo en los dispuesto por la Directiva que regula las investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas, por lo que resulta procedente otorgar la autorización de investigación solicitada;

En uso de las atribuciones conferidas en el literal h) del artículo 27° del Decreto Supremo N°006-2008-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar el desarrollo de la investigación denominada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA CAÑETE (SECTOR RESERVA PAISAJÍSTICA NOR- YAUYOS COCHAS) MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS”** a favor de la Srta. **CLARAJULIA RABORG VILLEGAS**, hacer realizada en el ámbito de la Reserva Paisajística Nor

Anexo C

Panel fotográfico

Fase de campo

Fotografía 1: Red Surber de 0.09 m²



Fotografía 3: Parte baja de la cuenca del río Cañete



Fotografía 2: Frascos de boca ancha para la toma de muestras y alcohol como preservante



Fotografía 4: Coordinación con las autoridades de la RPNYC



Fotografía 5: Actividades ganaderas adyacentes de los cursos de agua



Fotografía 7: Piscigranja en las lagunas de la PRNYC



Fotografía 6: Pastoreo de camélidos sudamericanos (llamas, alpacas, vicuñas) parte alta de la cuenca



Fotografía 8: Piscigranja en las lagunas de la RPNYC (parte alta)



Fotografía 9: Determinación de los parámetros físicos en campo



Fotografía 11: Plaza principal de Laraos



Fotografía 10: Puesto de control Llapay cercano a la estación MA.02

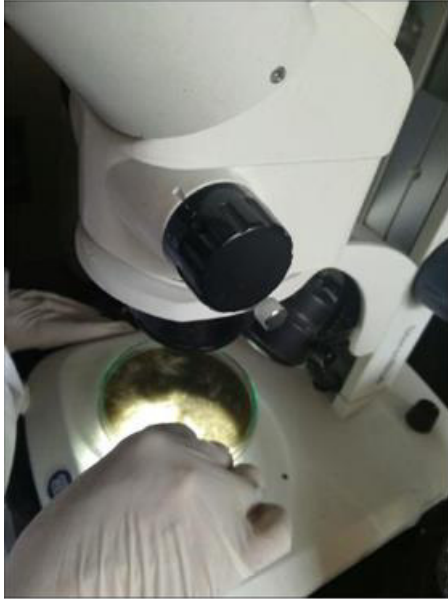


Fotografía 12: Características de la estación de muestreo



Fase gabinete**Fotografía 13:** Mesa de trabajo para identificación de macroinvertebrados bentónicos**Fotografía 15:** Identificación preliminar de especies**Fotografía 14:** Identificación de tipo de sustrato**Fotografía 16:** Visualización de especies y separación

Fotografía 17: Visualización de especies en el microscópio



Anexo D Ficha de monitoreo

Ficha de campo - Muestreo Hidrobiológico


Datos Generales

I. DATOS GENERALES				
Nombre del Proyecto de Tesis	Evaluación de la Calidad de Agua en la Parte Alta de la Cuenca Cañete mediante Macroinvertebrados	Comunidades Hidrobiológicas Evaluadas	Fitoplacton	
Datos del Tesista:	Clarajulia Raborg Villegas		Zooplacton	
Fecha de Evaluación en Campo	Miércoles, 07 de Marzo del 2018		Macroinvertebrados Bentónico	X
			Perifiton	
		Macrofitas		
		Peces		

II. DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO					
Código	NOR-HB 06			Distrito	Tanta
Referencia:	Río Cañete, aguas abajo de Tanta			Provincia	
Datos de la Unidad de Muestreo (WGS 84) Zona: <u>18</u>			Departamento		
			Uso del terreno		
Este (m):	389,649		Agrícola		Ganadero
Norte (m):	8'660,305		Industrial		Recreativo
Altitud (m):	4,253 msnm		X Urbano		Servicios
Tipo de Hábitat	Lóticos	x	Ninguno		Otro
Condición Meteorológica: Lluvias					
Impactos identificados					
Puente	Pantano		Azud		Canal
Extracción de material aluvial	Vertido		Dragados		Dique
Otros:	Recibe de la quebrada Chumpe con la quebrada Machay				

III. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS					
Transparencia del Agua	(Clara)	Fondo Visible	<input checked="" type="checkbox"/>	Algo Turbio	<input type="checkbox"/>
	(Turbia)	Poco Visible	<input type="checkbox"/>	No visible	<input type="checkbox"/>
Temperatura (°C)	14.4 °C			Conductividad (µS)	84.6
pH (unidades)	8.30			Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.17
Olor del Agua	Normal (x)	Petróleo ()			
	Desague ()	Químico ()	Pescado ()		

IV. CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS			
Tipo de Cauce:		Velocidad de la Corriente:	
	Recto		Meandriforme
X	Curvado		Anastomoso
	Sinuoso		Otro
Comentarios:		Muy rápida: Rápidos, formación de espuma	
		Rápida: Ondulación superficial quebrada	
		X Moderada: Ondulación superficial pequeña simétrica	
		Lenta/ Reducida: Flujo laminar sin ondulaciones	

Vegetación Acuática:				Nula: Ausencia de flujo Agua estancada	
Ausente				Porcentaje de sombra en el Cauce:	
Presente				Sombreado con ventanas	
<10%		10-50%		Totalmente en sombra	
			>50%	Grandes Claros	
				X	Expuesto
Tipo de Sustrato (Dominancia de):				Esquema del Tramo	
Rocas					
Rocas con presencia de Cantos rodados					
Cantos rodados con algunas rocas					
Cantos rodados					
X	Cantos rodados y arena gruesa				
Cantos rodados pequeña y arena fina					
Arena gruesa					
Arena fina					
Limos					
Macrofitos y algas filamentosas					
Otros:					

V. IMÁGENES DE LA SITIO DE MUESTREO	
	
Fotografía panorámica de la unidad de muestreo:	
	
Fotografías específicas de la unidad de muestreo	

Nombre del Especialista: _____

Nombre del Supervisor: _____

Anexo E Ensayo de laboratorio



Registro N° LE-056
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-056

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC., - IAS
CON REGISTRO TL - 699

INFORME DE ENSAYO N° 180917 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLARAJULIA RABORG VILLEGAS
Dirección : Jr. Unión Nro 820, P.J. La Libertad Km. 11 - Comas
Solicitado Por : Clarajulia Raborg Villegas
Referencia : Orden de servicio N° 18-OS-03010/ Cotización N° 0303-18R2
Proyecto : Monitoreo y Análisis Ambiental de Agua
Procedencia : Cuenca del Río Cañete - Yauyos - Lima
Muestreo Realizado Por : ENVIROTEST S.A.C.
Cantidad de Muestra : 3
Producto : Agua Natural
Fecha de Recepción : 2018/03/06
Fecha de Ensayo : 2018/03/06 al 2018/03/20
Fecha de Emisión : 2018/03/21

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	180917-01	180917-02	180917-03		
Código de Cliente	MA-01	MA-02	MA-05		
Fecha de Muestreo	05/03/2018	05/03/2018	05/03/2018		
Hora de Muestreo (h)	15:45	17:28	18:30		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N 8626126 E 0407500	N 8636878 E 0410056	N 8641453 E 0412321		
Tipo de Producto	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial		
Tipo Ensayo ACREDITADO ANTE EL IAS	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Análisis de Campo					
Flow	m ³ /día	0,1	259200	1866240	1181952
Tipo Ensayo ACREDITADO ANTE EL INACAL-DA	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Análisis de Campo					
Conductividad	µS/cm	1 nd	86	365	278
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,10 ^(nd)	8,12	7,84	7,95
pH	Und. pH	0,01 ^(nd)	6,30	7,92	8,33
Temperatura de Muestra	°C	0,1 ^(nd)	12,3	12,2	11,7
Fisicoquímicas					
Cianuro Total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo Hexavalente	mg/L	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fosfato	mg/L	0,03	0,05	0,05	0,05
Nitrato	mg/L	0,133	0,266	0,344	0,430
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	6	25	14	9

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado nd = Resolución cuantificable, "-" = No Analizado, nd = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica nd = Límite de Detección de Método.

Anexo F Diagrama de parámetros físico-químicos

