

CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS DEL RECURSO
HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TINCO, PROVINCIA
YAUYOS, DEPARTAMENTO LIMA”

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

MARICELA DIANA CAMACHO VARGAS

Asesora:

Dra. Susan Mery Medina Canzio

Lima – Perú

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 12 de noviembre del 2018.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Luis Americo Carrasco Venegas
Integrante: Ing. Betty Soledad Peña Orocaja
Integrante: Ing. Roxana Yanett Díaz Vega

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Evaluación Espacio -Temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial de la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, Departamento de Lima.

Presentada por la bachiller:

- **Maricela Diana Camacho Vargas**

Para optar el Título Profesional de **Ingeniera Ambiental**

Asesorada por:

- **Dra. Susan Mery Medina Canzio**

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

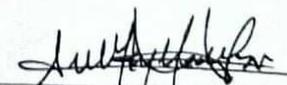
Integrante 1: Maricela Diana Camacho Vargas			Nota (escrito): 15 Quince
Aprobado (x)	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


 Presidente del Jurado


 Miembro del Jurado


 Miembro del Jurado


 Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza para vencer dificultades e inconvenientes a lo largo de toda mi vida.

A mis padres José Camacho y Jennifer Vargas, a quienes les entrego todos mis logros y les doy infinitas gracias por su apoyo incondicional, por sus consejos, valores y motivación constante, así mismo, por todo lo que han hecho por mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega.

A mi hermano Diego que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo.

A mi abuelita Glaida Aliaga De Vargas, por ser mi inspiración y fortaleza para ser cada día mejor, estará presente en cada momento de mi vida y sé que desde el cielo me cuidará como siempre lo ha hecho.

A mis tíos Mabel Vargas, Sandro Suarez y abuelitos Zoila Cenzano y Hernán Vargas, por quererme y apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Científica del Sur (UCSUR) por permitirme alcanzar el objetivo de mi formación profesional y a los docentes de la Facultad de Ingeniería y Gestión Ambiental por sus conocimientos y sus consejos, impulsándome siempre a seguir adelante como profesional.

A la Dra. Susan Medina Canzio, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por su confianza y disposición en culminar mi tesis.

A mis padres, les agradezco de todo corazón por estar presentes día a día motivándome para culminar la tesis, demostrándome que los obstáculos, la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr mis metas.

A mi abuelita Glaida Aliaga, por sus consejos llenos de amor, la nobleza de su alma y su preocupación constante en ver cómo iba el avance de mi tesis.

A mi tío Sandro Suarez y mi papá José Camacho, por su tiempo y apoyo en acompañarme durante todos los viajes, partiendo desde la madrugada con mucho frío, para poder realizar el monitoreo y muestreo a primera hora.

A la Dra. Alexandra Muñoz Blandón, por su aporte y discusión crítica para poder guiarme durante el proceso de la presente investigación.

Al Ing. Samuel Pizarro por su profesionalismo, confianza y sugerencias constantes durante el desarrollo de esta investigación.

Al profesor Rafael Alvis y a los asistentes de laboratorio de Ingeniería Ambiental por su paciencia y compromiso en el apoyo de las calibraciones y préstamos de los equipos de campo.

A los dirigentes y pobladores de las comunidades del área de estudio, por su ayuda en acceso a la información y dudas; y a todas las instituciones, organismos y personas que participaron y apoyaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFÍA Y MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:.....	3
2.1.1. Área de estudio.....	3
2.1.2. Interior del País.....	5
2.1.3. Exterior del País	8
2.2. MARCO TEÓRICO	14
2.2.1. El agua: un disolvente universal	14
2.2.2. Calidad del agua.....	15
2.2.3. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua	15
2.2.3.1. ECA Categoría 3. Riego de Vegetales y Bebida de Animales	16
2.2.4. Recurso hídrico superficial	19
2.2.5. Fuentes de aguas superficiales.....	19
2.2.6. Contaminación del agua	¡Error! Marcador no definido.
2.2.6.1. Formas de contaminación	21
2.2.7. Parámetros físico-químicos del agua	22
2.2.8. Parámetros físicos seleccionados.....	22
2.2.8.1. Temperatura	22
2.2.8.2. Turbiedad.....	23
2.2.8.3. Conductividad eléctrica	23
2.2.9. Parámetros químicos seleccionados	24
2.2.9.1. Oxígeno disuelto.....	24

2.2.9.2. pH.....	25
2.2.9.3. Metales pesados en agua	25
2.2.10. Caudal	29
2.2.11. Método de interpolación.....	30
2.2.12. Coeficiente de correlación de Pearson.....	30
2.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
2.3.1. Principales actividades económicas	32
2.3.2. Climatología	34
2.3.3. Geomorfología y geología	36
2.3.4. Hidrografía	36
2.3.5. Saneamiento.....	37
2.3.6. Fuentes contaminantes	37
III. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.1. Objetivo general	40
3.2. Objetivos específicos	40
IV. HIPÓTESIS	41
4.1. Hipótesis general	41
4.2. Hipótesis específicas.....	41
V. METODOLOGÍA.....	42
5.1. Ubicación	42
5.2. Selección de las estaciones de muestreo	44
5.3. Muestreo y monitoreo	51
5.4. Evaluación espacio-temporal de metales pesados y parámetros in situ	55
5.5. Correlación entre las concentraciones de metales pesados y los parámetros complementarios.....	60

5.6. Descripción de la variación espacio-temporal de metales pesados y los parámetros seleccionados.....	61
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
6.1. Parámetros <i>in situ</i>	61
6.1.1. pH.....	65
6.1.2. Temperatura.....	67
6.1.3. Conductividad eléctrica	68
6.1.4. Oxígeno disuelto.....	71
6.1.5. Turbiedad.....	73
6.1.6. Caudal	75
6.2. Metales totales.....	75
6.2.1. Aluminio (Al).....	80
6.2.2. Arsénico (As).....	82
6.2.3. Boro (B).....	84
6.2.4. Bario (Ba)	86
6.2.5. Hierro (Fe).....	88
6.2.6. Magnesio (Mg).....	90
6.2.7. Manganeso (Mn)	92
6.2.8. Zinc (Zn)	94
6.2.9. Berilio (Be)	96
6.2.10. Cadmio (Cd)	97
6.2.11. Cobalto (Co).....	98
6.2.12. Cromo (Cr)	99
6.2.13. Cobre (Cu).....	100
6.2.14. Litio (Li)	101

6.2.15. Niquel (Ni).....	102
6.2.16. Plomo (Pb)	103
6.2.17. Selenio (Se).....	105
6.3. Correlación entre las concentraciones de metales totales y los parámetros <i>in situ</i>	107
VII. CONCLUSIONES	120
VIII. RECOMENDACIONES	121
IX. GLOSARIO	134
X. ANEXOS.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros y norma utilizada para el componente agua.	17
Tabla 2. Densidad de los metales no prioritarios y prioritarios en agua en el ámbito de la ingeniería ambiental.....	26
Tabla 3. Fuentes y efectos más importantes de algunos metales y semimetales presentes en el agua.....	27
Tabla 4. Ubicación y características descriptivas de las estaciones de muestreo en la microcuenca del río Tinco.	46
Tabla 5. Características técnicas de los equipos portátiles de monitoreo de parámetros físico-químicos de calidad de agua.....	52
Tabla 6. Requerimientos de la toma de muestra de aguas según el laboratorio ALS-LS.	53
Tabla 7. Método de referencia aplicado.	54
Tabla 8. Valores promedio de los parámetros de campo evaluados en agua en época de estiaje.	62
Tabla 9. Valores promedio de los parámetros de campo evaluados en agua en época de avenida.	63
Tabla 10. Valores promedio de los metales totales evaluados en agua en la época de estiaje.	76
Tabla 11. Valores promedio de los metales totales evaluados en agua en la época de avenida.	78
Tabla 12. Comparación de las concentraciones de los parámetros físico-químicos con variación en agua en ambas épocas.....	106
Tabla 13: Fecha y hora de muestreo de las estaciones en ambas épocas.....	184
Tabla 14: Resultados de los parámetros de campo evaluados en agua en época de estiaje	185
Tabla 15: Resultados de los parámetros de campo evaluados en agua en época de avenida	186
Tabla 16: Resultados de los parámetros de laboratorio evaluados en agua en época de estiaje	187

Tabla 17: Resultados de los parámetros de laboratorio evaluados en agua en época de
avenida 189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación promedio mensual del año 1964-2000.....	35
Figura 2. Fuentes contaminantes identificadas según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el área de estudio, a excepción de la F.C 6.....	38
Figura 3. Ubicación de la Microcuenca del río Tinco.....	43
Figura 4. Ubicación de las estaciones de monitoreo en la microcuenca del río Tinco..	45
Figura 5. Vista de la estación E-1 en el río Tinco.....	48
Figura 6. Vista de la estación E-2 en el río Tinco.....	49
Figura 7. Vista de la estación E-3 en el río Tinco.....	50
Figura 8. Vista de la estación E-4 en la quebrada Huacuypacha.....	50
Figura 9. Vista de la estación E-5 en la quebrada Huacuypacha.....	51
Figura 10. 150 estaciones de muestreo a razón de 100 m por punto	57
Figura 11. Software ArcGIS 10.3, interpolaciones de cada parámetro en ambas épocas de las cinco estaciones utilizando la herramienta IDW.	57
Figura 12. Rangos estimados de parámetros realizado por interpolaciones / método IDW	58
Figura 13. Parámetro de elevación utilizando el modelo de elevación digital ASTER GDEM 2011.....	59
Figura 14. Parámetro de pendiente utilizando la herramienta Spatial Analysis tools>> Surface>>Slope.....	59
Figura 15. Tabla de datos de las 150 estaciones de monitoreo y sus atributos por cada parámetro.....	60
Figura 16. Variación de pH en época de estiaje.....	65
Figura 17. Variación de pH en época de avenida.....	65
Figura 18. Variación de pH vs estaciones en el tiempo	66
Figura 19. Variación de Temperatura en época de estiaje	68
Figura 20. Variación de Temperatura en época de avenida	68
Figura 21. Variación de CE en época de estiaje	69
Figura 22. Variación de CE en época de avenida	69

Figura 23. Variación de C.E vs estaciones en el tiempo	70
Figura 24. Variación de OD en época de estiaje	71
Figura 25. Variación de OD en época de avenida	71
Figura 26. Variación de OD vs estaciones en el tiempo	72
Figura 27. Variación de turbiedad en época de estiaje.....	73
Figura 28. Variación de turbiedad en época de avenida	73
Figura 29. Variación de turbiedad vs estaciones en el tiempo	74
Figura 30. Variación de caudal en época de estiaje	75
Figura 31. Variación de caudal en época de avenida.....	75
Figura 32. Variación de la concentración de Al total en época de estiaje	80
Figura 33. Variación de la concentración de Al total en época de avenida	80
Figura 34. Variación de la concentración de Al total vs estaciones en el tiempo.....	81
Figura 35. Variación de la concentración de As total en época de estiaje	82
Figura 36. Variación de la concentración de As total en época de avenida	82
Figura 37. Variación de la concentración de As total vs estaciones en el tiempo	83
Figura 38. Variación de la concentración de B total en época de estiaje	84
Figura 39. Variación de la concentración de B total en época de avenida	84
Figura 40. Variación de la concentración de B total vs estaciones en el tiempo.....	85
Figura 41. Variación de la concentración de Ba total en época de estiaje	86
Figura 42. Variación de la concentración de Ba total en época de avenida	86
Figura 43. Variación de la concentración de Ba total vs estaciones en el tiempo.....	87
Figura 44. Variación de la concentración de Fe total en época de estiaje	88
Figura 45. Variación de la concentración de Fe total en época de avenida	88
Figura 46. Variación de la concentración de Fe total vs estaciones en el tiempo	89
Figura 47. Variación de la concentración de Mg total en época de estiaje	90
Figura 48. Variación de la concentración de Mg total en época de avenida	90
Figura 49. Variación de la concentración de Mg total vs estaciones en el tiempo.....	91
Figura 50. Variación de la concentración de Mn total en época de estiaje.....	92
Figura 51. Variación de la concentración de Mn total en época de avenida.....	92
Figura 52. Variación de la concentración de Mn Total vs estaciones en el tiempo.....	93
Figura 53. Variación de la concentración de Zn total en época de estiaje	94

Figura 54. Variación de la concentración de Zn total en época de avenida	94
Figura 55. Variación de la concentración de Zn total vs estaciones en el tiempo	95
Figura 56. Variación de Be total en época de estiaje	96
Figura 57. Variación de Be total en época de avenida	96
Figura 58. Variación de la concentración de Cd total en época de estiaje	97
Figura 59. Variación de la concentración de Cd total en época de avenida	97
Figura 60. Variación de la concentración de Co total en época de estiaje	98
Figura 61. Variación de la concentración de Co total en época de avenida	98
Figura 62. Variación de la concentración de Cr total en época de estiaje	99
Figura 63. Variación de la concentración de Cr total en época de avenida	99
Figura 64. Variación de la concentración de Cu total en época de estiaje	100
Figura 65. Variación de la concentración de Cu total en época de avenida	100
Figura 66. Variación de la concentración de Li total en época de estiaje	102
Figura 67. Variación de la concentración de Li total en época de avenida	102
Figura 68. Variación de la concentración de Ni total en época de estiaje	103
Figura 69. Variación de la concentración de Ni total en época de avenida	103
Figura 70. Variación de la concentración de Pb total en época estiaje	104
Figura 71. Variación de la concentración de Pb total en época de avenida	104
Figura 72. Variación de la concentración de Se total en época de estiaje	105
Figura 73. Variación de la concentración de Se total en época de avenida	105
Figura 74. Correlación de Pearson. Promedio de la época de estiaje en la matriz de Pearson, los cuadros marcados en azul y rojo reflejan la fuerza de correlación y corresponden a índices de correlación significativas ($p < 0.01$)	108
Figura 75. Correlación de Pearson. Promedio de la época de avenida en la matriz de Pearson, los cuadros marcados en azul y rojo reflejan la fuerza de correlación y corresponden a índices de correlación significativas ($p < 0.01$)	113
Figura 76. Mes de Junio (época de estiaje) en la matriz de Pearson	193
Figura 77. Mes de Julio (época de estiaje) en la matriz de Pearson	193
Figura 78. Mes de Agosto (época de estiaje) en la matriz de Pearson	193
Figura 79. Mes de Diciembre (época de avenida) en la matriz de Pearson	193
Figura 80. Mes de Enero (época de avenida) en la matriz de Pearson	194

Figura 81. Mes de Febrero (época de avenida) en la matriz de Pearson	194
Figura 82. Medición de parámetros in situ en época de estiaje en la estación E1.....	196
Figura 83. Medición de parámetros in situ en época de avenida en la estación E1....	196
Figura 84. Medición de parámetros in situ en época de estiaje en la estación E2.....	196
Figura 85. Medición de parámetros in situ en época de avenida en la estación E2....	197
Figura 86. Medición de parámetros in situ en época de estiaje en la estación E3.....	197
Figura 87. Medición de parámetros in situ en época de avenida en la estación E3....	197
Figura 88. <i>Medición de parámetros in situ en época de estiaje en la estación E4</i>	198
Figura 89. Medición de parámetros in situ en época de avenida en la estación E4....	198
Figura 90. Medición de parámetros in situ en época de estiaje en la estación E5.....	198
Figura 91. Medición de parámetros in situ en época de avenida en la estación E5....	199
Figura 92. Toma de muestra de agua para el análisis en laboratorio por el método ICP-OES para metales totales.....	199
Figura 93. Preservación de la muestra de agua con ácido nítrico HNO ₃ a 0.1 mL	199
Figura 94. Medición del ancho del río para la hallar el caudal	200
Figura 95. Medición de la profundidad del río para la medición del caudal	200
Figura 96. Toma de muestra de agua con brazo extensor en época de avenida en la estación E2.....	200
Figura 97. Equipos de monitoreo in situ	202
Figura 98. Apuntes de los parámetros evaluados en campo	202
Figura 99. Presencia de residuos sólidos en la estación E1 en ambas épocas	202
Figura 100. Presencia de excremento ovino en la estación E1.....	203
Figura 101. Presencia de excremento ovino en la estación E2 y presencia mínima de residuos sólidos	203
Figura 102. Presencia de residuos sólidos en la estación E3	203
Figura 103. Fuente puntual contaminante inoperativa en comunidad Tinco, tubería conectada al cauce	204
Figura 104. Fuente indirecta por infiltración, unidad colapsada e inoperativa de la comunidad Huancachi.	204
Figura 105. Punto de vertimiento/efluente autorizado de la Unidad Yauricocha.....	205

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Cadenas de Custodio	137
ANEXO 2. Informes de ensayo de Laboratorio	145
ANEXO 3. Resultados in situ y de laboratorio comparados con las normas correspondientes.....	183
ANEXO 4. Correlación de Pearson.....	192
ANEXO 5. Registro Fotográfico.....	195
ANEXO 6. Certificado de acreditación del laboratorio por INACAL	205

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la variación espacio-temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, departamento de Lima, correlacionando con parámetros físico-químicos *in situ* y comparando sus valores con los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N°004-2017-MINAM. Se definieron y georreferenciaron las estaciones de muestreo y se colectaron muestras de agua, durante las épocas de estiaje y avenida, según el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado por la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. Se midieron *in situ* los parámetros de pH, T°, CE, OD, turbiedad y caudal y la cuantificación de los metales pesados en agua, se realizó mediante el método ICP-OES. Se utilizó el análisis de interpolación por el método Inverse Distance Weight (IDW), se utilizaron 150 estaciones de muestreo generadas con fines de ejecutar un análisis exploratorio correlacional entre parámetros con el método de correlación de Pearson con un nivel de significancia de 0.01 y un nivel de confianza de 0.1. Los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos *in situ* mostraron que cumplen los ECA-agua referidas a la categoría 3, a excepción del pH, el cual supera el ECA-agua, en época de estiaje. Respecto a los metales pesados, se constató que se encuentran dentro de los ECA-agua (Categoría 3). La comparación de las concentraciones de metales pesados y parámetros físico-químicos en agua entre épocas, se realizó a un nivel de significancia de 0.05, no hallándose diferencias significativas en metales pesados, y presentando diferencias significativas en pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad y caudal. La correlación

de Pearson aplicada a los niveles de concentración de metales pesados con los parámetros *in situ*, en ambas épocas, muestran que, el Fe, Mn y Zn se encuentran relacionados positivamente con el oxígeno disuelto y caudal, y están relacionados negativamente con la temperatura y conductividad eléctrica. El As se relaciona positivamente con el caudal, y presenta relaciones negativas con el pH, sólo en época de estiaje; no obstante las concentraciones de Fe, Mn y Zn se encuentran positivamente correlacionadas entre sí a menor elevación. Por lo tanto los parámetros *in situ* evaluados y las concentraciones de metales pesados, serían influenciados por las fuentes de emisión de contaminantes y épocas de observación.

Palabras clave: metales pesados, ECA, correlación, agua superficial.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the space-temporal variation of heavy metals of the surface water resource in the micro-basin of the Tinco river, Yauyos province, department of Lima, correlating with physical-chemical parameters in situ and comparing their values with the environmental quality standards according to S.D. N°004-2017-MINAM. The sampling stations were defined and georeferenced and water samples were collected during low water and flood periods, according to the "National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources", approved by Chief Resolution No. 2010-2016-ANA. The parameters of pH, T°, CE, DO and turbidity were measured in situ and the quantification of heavy metals in water was carried out using the ICP-OES method on total metals. The interpolation analysis by the Inverse Distance Weight (IDW) method was used, 150 generated sampling stations were used to perform an exploratory correlation analysis between parameters with the Pearson correlation method with a significance level of 0.01 and a confidence level of 0.1. The results obtained from the physical-chemical parameters in situ showed that they comply with the EQS-water, with the exception of the pH, which exceeds the EQS-water referred to in category 3, in low water periods. For heavy metals, they were found to be within EQS-water (Category 3).

The comparison of the heavy metals concentrations and physical-chemical parameters in water of both periods was made through at a significance level of 0.05, presenting no

significant differences in heavy metals, and presenting significant differences in pH, temperature, DO, turbidity and flow. The Pearson correlation applied to the heavy metal concentration levels with physical-chemical parameters in situ, shows that Fe, Mn and Zn are positively related to dissolved oxygen and flow, and are negatively related to temperature and electrical conductivity. The As is positively related to the dissolved oxygen and flow, and presents negative relationships with the pH, temperature and electrical conductivity, only during in low water periods; However, the concentrations of Fe, Mn and Zn are positively correlated with each other at lower elevation. Therefore, the physical-chemical parameters in situ evaluated and the concentration of heavy metals would be influenced by the emission sources of pollutants and observation times.

Keywords: heavy metals, EQS, correlation, surface water.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la gestión y el manejo de los recursos hídricos se rige por la Ley de los Recursos Hídricos aprobada por la Ley N°29338 y su Reglamento, la misma establece que la Autoridad Nacional del Agua (ANA), como ente rector es encargada de vigilar y fiscalizar la calidad del agua en los diferentes recursos hídricos de las diversas cuencas del País, realizando monitoreos *in situ* y toma de muestras anuales; además es responsable de evaluar y controlar vertimientos de aguas residuales con sistemas de tratamiento que son descargados a los cuerpos de agua.

Los ríos se consideran sistemas complejos, debido a las diferentes interacciones con el entorno, son propensos a sufrir impactos ambientales, principalmente antropogénicos que comprometan la calidad de sus aguas destinadas para diversos usos (Guevara, 2014). La principal preocupación por la contaminación en estos ecosistemas acuáticos es la presencia de metales pesados, los cuales son persistentes en el medio ambiente, y potencialmente peligrosos para los organismos acuáticos.

“La presencia de metales pesados en las aguas puede deberse a fenómenos de disolución, con lo que aparecerán en cantidades traza, o bien en forma de partículas en suspensión, que pueden acabar sedimentándose y acumulándose en los lechos” (Orozco *et al.*, 2003, p. 88). El carácter tóxico de los metales pesados no sólo está determinado por sus características esenciales, sino también por las concentraciones en las que se presentan y el tipo de especie química que forman en un determinado medio. En la actualidad la principal contribución de metales pesados a las aguas superficiales provienen básicamente de dos fuentes, de origen natural, provenientes de la erosión

del suelo o por las precipitaciones que arrastran minerales a los cuerpos de agua, y de origen antropogénico debido al impacto ambiental por las actividades humanas, tales como descargas de residuos sólidos, vertimientos mineros, aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas (Rodríguez, 2013).

El área de estudio está localizada en la microcuenca del río Tinco, en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), en ella se registran actividades económicas como la pecuaria, agrícola (cultivos son mayormente de secano) y minera. Siendo la actividad pecuaria la que tienen mayor notoriedad como generadora de ingresos económicos para las comunidades del sector. Al respecto, la Autoridad Nacional del Agua mediante la Resolución Jefatural N°202-2010-ANA, determina que mi área de estudio está registrada en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales y el Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM aprueba la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua), los cuales: “Están orientados a proteger el ambiente y la salud, estableciendo objetivos de calidad que deben cumplirse por los diversos titulares de actividades económicas de diversos sectores; contienen parámetros para determinar el uso que puede darse a un cuerpo de agua” (MINAM, 2015,p. 3).

La comunidad campesina de Huancachi, perteneciente al distrito de Tomas, ubicada en la microcuenca del río Tinco (Zona de Amortiguamiento de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas) con fecha 9 de Octubre del 2014, envió al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el Oficio N° 029-2014-D-C-Chi, a efectos de solicitar su intervención, por la existencia de presuntos problemas ambientales generados por la Unidad Minera Yauricocha, que habrían ocasionado la muerte de truchas en la

piscigranja de la comunidad de Huancachi, durante los años 2012 y 2013. La OEFA en el año 2015, como respuesta efectuó la estimación de la calidad ambiental del agua superficial mediante el registro de parámetros *in situ* en el distrito de Tomas, Alis, provincia de Yauyos, departamento Lima. Sin embargo, es preciso resaltar que no se analizaron metales pesados, concluyéndose que los valores obtenidos de pH, no cumplieron con los ECA- Agua Categoría 3.

En ese contexto y dado el escaso conocimiento del que se dispone sobre la concentración de metales pesados en agua en ambas épocas en la microcuenca del río Tinco, es necesario disponer de información que permita evidenciar el nivel de contaminación existente a efectos de contar con un manejo consensuado del recurso agua, considerando la presión de los factores ambientales y las conjeturas concluyentes de su preservación. En tal sentido, se planteó como objetivo general, evaluar la variación espacio-temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco, correlacionando con parámetros físico-químicos *in situ*, y comparando sus valores, con los estándares de calidad ambiental 2017.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFÍA Y MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

2.1.1. Área de estudio

Ramos (2014), registró mortandad del recurso hidrobiológico (truchas) en la piscigranja de la comunidad Huancachi en el año 2012 y 2013, situación que generó problemas de orden social con la minera de la zona, al considerar presuntamente que ésta fue la causante de la contaminación del agua; al

respecto el área de estudio que comprende la microcuenca del río Tinco, se encuentra en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas, lugar en el cual se registraron antecedentes de contaminación, por lo que la comunidad de Huancachi, hizo tratativas con la empresa minera de la zona, para instalar una infraestructura que sirva como planta piloto para la crianza de truchas, siendo el objetivo demostrar inexistencia de contaminación; de esta manera la empresa cumplió con dicha infraestructura y su funcionamiento; sin embargo continuaron evidenciándose episodios de contaminación, pues por segunda vez el 27 de Octubre del 2013, se registró la muerte de 5000 truchas en la piscigranja de Huancachi, por lo que la minera solicitó a la Dirección de Criminalística de la Policía Nacional, realicen un análisis toxicológico, dando como resultado el 03 de enero del 2014, que las muestras fueron positivo para compuestos organofosforados y negativo para compuestos organoclorados, carcamitos y rotenonas; cabe precisar que no se analizaron metales pesados; como información, en las fechas de desarrollo de la investigación la piscigranja estaba inoperativa.

El “Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental” (2015) en el área de estudio, reporta en su informe N°115-2015-OEFA/DE-SDCA, que el 9 de octubre de 2014, la comunidad campesina de Huancachi envió al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental- OEFA el Oficio N° 029-2014-D-C-Chi, en el cual solicitan su intervención por la existencia de presuntos problemas ambientales con la Unidad Minera Yauricocha. Como antecedentes en el año 2012 la U.M Yauricocha solicitó realizar un análisis de muestras aguas arriba y

aguas abajo del efluente minero en el río Tinco, así mismo en la piscigranja de la comunidad de Huancachi, a cargo de la empresa “Environmental Quality Analytical Service” (EQUAS), concluyendo que los parámetros analizados aguas arriba y aguas abajo del vertimiento del efluente minero, cumplen con los requisitos de calidad establecido para los cuerpos de agua Categoría 3; y en lo que respecta a la calidad de las aguas en la piscigranja Huancachi, presentó una alta contaminación por sólidos totales suspendidos (STS), y una elevada concentración de metales pesados, resaltando los valores de Arsénico (As), Plomo (Pb), Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn); cabe resaltar que no se tomaron muestras del canal que suministra las aguas para la poza de la piscigranja, por lo que no fue posible deducir que el origen de la contaminación fue causado por el agua de alimentación, y en el año 2013 los ciudadanos de Huancachi manifestaron que existía contaminación por elementos suspendidos y organofosforados, basados en un Informe pericial de la Policía Nacional del Perú (2013). La OEFA en el año 2015, como respuesta efectuó la medición de parámetros *in situ* para evaluar la calidad ambiental para agua superficial en el distrito de Tomas, Alis, provincia de Yauyos, región Lima. Sin embargo, es preciso resaltar que no se analizaron metales pesados, concluyendo que los valores obtenidos de pH, no cumplieron con los ECA- Agua Categoría 3.

2.1.2. Interior del País

Los estudios que permitan conocer el estado de los metales pesados en el espacio-tiempo en la microcuenca del río Tinco, es escasa, sin embargo, hay

estudios referenciales en zonas aledañas del presente estudio y otras zonas del país que pueden orientar a su desarrollo.

Araujo (2003), desarrollo una investigación de la calidad del agua en la cuenca del río Santa, dicha evaluación consistió en analizar los parámetros físico-químico del agua; cabe resaltar que esta evaluación sirvió para verificar si se encuentra apto para uso agrícola (riego de vegetales) y para consumo humano. Concluyendo que los metales pesados (Pb, As y Hg), aceites y grasa, coliformes totales y termotolerantes sobrepasaron ampliamente los ECA- agua; por lo tanto las aguas del río Santa no cumplen con los estándares para la utilización en riego de vegetales, bebida de animales y consumo para el hombre.

Juárez (2006), realizó un análisis de la contaminación del río Rímac por la presencia de metales pesados, para precisar los impactos ambientales en el agua, suelo y cultivos; con el objetivo de determinar las fuentes de contaminación, distribuir espacialmente los metales pesados en toda la cuenca del río Rímac y evaluar los impactos ambientales presentes en las zonas agrícolas a través de datos históricos sobre la calidad del agua. Concluyendo que las concentraciones del Pb se encuentran presentes en los suelos, el Cr es absorbido por las plantas y no representan riesgo alguno; finalmente los metales pesados más tóxicos para el ecosistema son el cadmio, arsénico y plomo, los cuales, son persistentes en el ambiente y potencialmente tóxicos para los seres vivos.

Huaranga, Méndez, Quilcat y Huaranga (2010), determinaron los niveles de concentración de los metales pesados (Fe, Cu, Pb, Cd, Zn y As) en agua, suelos y cultivos de la cuenca baja, media y alta del río Moche, desde 1980 al 2010. Para

ello realizaron muestreo de la calidad del agua en ocho puntos del río Moche, y en cuatro tramos para cultivos y suelos. Concluyendo que la concentración de metales pesados (Pb, Cd, Cu, Zn y As) en suelo, agua y cultivos muestran variaciones, disminuyendo todos los años desde la cuenca alta hasta la cuenca baja, cabe resaltar que el hierro predomina con mayor concentración en el río Moche, probablemente originado por actividad antrópica, mientras que en el suelo las mayores concentraciones se hallaron en la margen derecha de la cuenca baja, infiriéndose por la actividad minera, lo que estaría afectado la producción de los suelos agrícolas.

Castillo (2014), analizó la calidad espacial y temporal del agua para riego a través de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canada) y el uso de dos métodos estadísticos (Correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales), considerando los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (ECA para agua), en tres puntos de monitoreo. Durante todo el año hidrológico (creciente y estiaje) en las tres estaciones, algunos parámetros se encontraron alta y positivamente correlacionados, debido a que probablemente provienen de dos fuentes comunes: la primera de origen antropogénico (actividad minera y descargas municipales de las poblaciones cercanas) y la segunda, de origen natural (características del suelo). Otros parámetros muestran correlaciones más estrechas en los meses de estiaje. Por las características del río con caudal regulado en esta zona, los aportes de los efluentes mineros y municipales representan el mayor impacto a la calidad de las aguas superficiales en la época de estiaje.

Graza (2015), realizó la cuantificación de arsénico, cadmio y plomo en las aguas de un tramo del río Santa en el tramo adyacente al Pasivo Ambiental Minero de Recuay, Ticapampa, en la provincia de Recuay el cual forma parte del departamento de Ancash. Para ello, utilizaron 27 análisis distribuidos en nueve muestras para la determinación del plomo, arsénico, cadmio y una muestra para blanco referencial, blanco viajero y blanco de muestreo; les dio como resultado los niveles elevados de concentración de estos metales, su origen principalmente fue la presencia del pasivo minero ambiental en la zona de Ticapampa y Recuay, viéndose así afectado principalmente las zonas aledañas, ya que estos contaminantes son llevados a través de la corriente del río Santa. Referente a la muestra tomada en la laguna de Conococha (para el caso del arsénico), los dos blancos dieron valores por debajo de los límites máximos permisibles, todos los demás valores obtenidos superaron ampliamente Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

2.1.3. Exterior del País

Los resultados de los estudios en materia del estado de los metales pesados y método a evaluar, nos permite disponer de estudios realizados en otros países. A continuación, se hace un resumen de alguno de ellos.

Gómez, Villalba y Castañeda (1999), realizaron un estudio de la calidad de agua superficial del río San Pedro, durante los años 1997 y 1999, desde México hasta el límite con los Estados Unidos de Norte América; analizaron el potencial de Hidrógeno, la conductividad eléctrica, los sulfatos y metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn); para ello tomaron en cuenta como aspecto

metodológico la EPA (Environmental Protection Agency), y la CNA (Comisión Nacional del Agua). Dando como resultado altas concentraciones de metales pesados (Cd, Cu, Mn, Ni, Fe, Pb y Zn), sulfatos y conductividad eléctrica, así mismo valores bajos de pH. Concluyendo que estas concentraciones elevadas serían probablemente por la explotación minera de la zona de estudio, principal fuente de contaminación del río San Pedro.

Justin, Vásquez y Siebe (2001), realizaron la evaluación en las aguas del río, suelo y cultivos del Valle Mezquital, Hidalgo, México, todo esto a efectos de determinar la concentración de metales pesados como el cadmio y plomo; para ello tomaron en cuenta como aspecto metodológico, la obtención de muestras de agua, tejido vegetal, suelo y grano en tres especies de la zona; además consideraron nueve puntos de referencia; sobre el particular se concluye que en sólo 30 días el follaje de trigo experimento un incremento de 0.8 mg/L a 2.4 mg/L, circunstancia que tiene como sustento la alta concentración de estos metales en el aire, y en sus aguas del río que son utilizados para riego; de igual manera con respecto a la concentración de cada metal en el agua, se pudo apreciar el incremento del Pb, particularmente durante la época de muestreo, y con referencia a las concentraciones de Cd y Ni estas son constantes en sus inicios, experimentándose un incremento sustancial hacia el final. Para finalizar se establece, que la concentración del Cd en el agua para el presente estudio, ha superado los estándares permisibles con respecto a la calidad del agua básicamente para riego de vegetales, y por último las concentraciones de Ni y Pb, se aprecia que fueron inferiores al estándar permisible para agua superficial.

Blandes y Giménez (2005), determinaron la contaminación existente con arsénico, cobre, hierro, níquel, plomo, y zinc en aguas naturales subterráneas de la región centro-oeste de la provincia del Chaco- Argentina y evaluaron la correlación entre la concentración de arsénico y estos metales, potencialmente tóxicos para la salud humana. Concluyendo que de un total de 59 muestras de agua analizadas, 47 de ellas (80%) superaron los 0.01 mg.L-1 de arsénico admitidos por la OMS para aguas de consumo, mientras que 19 de ellas (32.20%), superaron los 0.05 mg.L-1 de arsénico permitidos por el CAA para aguas de bebida. El contenido medio de hierro fue 0.30 mg.L-1, el 35.6% exhibió niveles superiores a 0.30 mg.L-1 (OMS y CAA). El contenido medio de plomo fue 0.03 mg.L-1, el 95% de las muestras superó los 0.01 mg.L-1 (OMS). En tanto que las concentraciones de níquel y 55 muestras para determinar zinc no sobrepasaron los 5 mg.L-1 (CAA).

Venkatesh et al. (2006), evaluaron las consideraciones anisotrópicas al interpolar con diversos métodos la batimetría del canal del río mediante el uso de criterios de error cuadrático medio (RMSE), los métodos de interpolación utilizados fueron ponderación de distancia inversa, spline (tensión y regularizado), vecino natural, TopoGrid y kriging ordinario (isotrópico y anisotrópico). En el sistema de coordenadas orientado al flujo, el rendimiento de los métodos de interpolación espacial anisotrópica es significativamente mejor. Se desarrolló una versión modificada del método de ponderación de distancia inversa, denominada ponderación de distancia inversa elíptica (EIDW), para explicar la anisotropía del río. Los resultados de RMSE de la aplicación de EIDW

son similares a los del kriging anisotrópico, proporcionando así una alternativa simple y computacionalmente más rápida a los métodos de kriging complejos.

Guzmán et. Al. (2011), determinaron evaluar la variación espacio-temporal de las concentraciones de metales pesados, materia orgánica, nutrientes y coliformes fecales, en el río San Pedro, ubicado en el estado de Aguascalientes; dicha evaluación consistió en la toma de muestras de agua en 43 estaciones y/o puntos georreferenciales, analizando 23 parámetros, dicha acción considero dos épocas definidas siendo estas las de estiaje (época con baja precipitación pluvial) y avenidas (con alta precipitación pluvial); cabe resaltar que en ninguno de los parámetros evaluados, se pudo apreciar un incremento considerable en sus concentraciones, a excepción de los metales pesados, que presentaron un aumento del 95 % en sus concentraciones en las estaciones en ambas épocas de muestreo; sobre el particular pueden resaltarse básicamente altos niveles de contaminación por materia orgánica, nitrógeno total, detergentes y coliformes fecales; de igual manera podemos precisar que para hacer la evaluación de la calidad del agua de manera integral, se ha empleado el índice global de la calidad del agua (IGCA); por lo tanto se determina que la calidad general del agua del río San Pedro es generalmente pobre, sólo es apto para uso agrícola. Con respecto a la aplicación del IGCA pudo demostrarse un leve incremento en los sitios de vertimiento de aguas residuales con plantas de tratamiento, ubicándose de esta manera en la categoría de marginal.

Beaven et al. (2013), determinaron la correlación intermetálica y los efectos mejoradores de los metales (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn) en agua y

sedimento en el río Gwebi, un importante afluente del lago Manyame, que es una fuente de agua potable para el Ciudad de Harare. Para ello, realizaron muestreos en cuatro puntos seleccionados en la época húmeda (diciembre-marzo) y en seca (abril-noviembre). Las concentraciones de metales se analizaron por espectroscopia de absorción atómica de llama (FAAS), se observaron que las concentraciones de cromo, cobre, hierro, zinc y níquel en agua, en ambas épocas superaron los límites de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y la diferencia significativa (ANOVA, $p < 0.05$) en la variación estacional / temporal indican diferentes orígenes de contaminantes dentro de la cuenca del río. Este estudio indica que los metales asociados tanto en las fases de agua como de sedimentos, tienen implicaciones perjudiciales a largo plazo sobre la abundancia y diversidad de la fauna acuática en el río Gwebi.

Firmi et al. (2015), evaluaron la concentración de metales pesados en el agua del río Mkuju antes de que comience la actividad minera, verificaron la realización de los estándares de calidad ambiental del agua en la extracción de uranio en Tanzania, donde se recolectaron treinta y un muestras superficiales y subterráneas para poder ser analizadas en busca de metales pesados y propiedades físico-químicas usando ICP-MS y técnicas de estándares, respectivamente. Los valores de las propiedades fisicoquímicas de las muestras de agua analizadas están por debajo de los niveles de tolerancia de las concentraciones establecidas por diferentes organizaciones internacionales, por lo tanto la toxicidad de metales pesados en el área de estudio es marginal y los parámetros que podrían servir como datos de referencia debido a su mayor

sensibilidad a la contaminación fueron: concentración de cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, arsénico, cadmio, plomo, pH, TDS y CE para el agua.

Panhalkar y Amol (2015), evaluaron diferentes técnicas de interpolación espacial como IDW, Krigging, Topo to raster, con la finalidad de sugerir el método apropiado para la generación de batimetría en el río Panchganga, India. En la investigación utilizaron 48 secciones transversales que fueron generados a través del trabajo *in situ* utilizando la estación total y el instrumento DGPS para capturar detalles de la geometría del río, utilizando los métodos de interpolación. Finalmente, mostraron que IDW es una técnica muy apropiada para la generación de batimetría fluvial.

Mesa et al. (2017), realizaron un análisis geoestadístico de manera espacial para el índice de la calidad del agua en el río Bogotá, dicho análisis consistió en el monitoreo de 59 estaciones ubicadas en todo el curso del río Bogotá, cada una de las estaciones de monitoreo midió las concentraciones de 5 o 6 variables ambientales con las cuales posteriormente se realizó el cálculo del ICA (Índice de calidad del agua). Finalmente mediante estos valores realizaron el análisis geoestadístico para generar la predicción del ICA de manera continua en el río, donde emplearon diferentes métodos de interpolación (IDW, Krigging, entre otros) para generar mapas correspondientes a la visualización de la variabilidad de la calidad del agua en el río Bogotá, determinando posibles áreas con bajos, medios y altos índices de calidad de agua.

Madhloom et al. (2017), realizaron una simulación de la calidad del agua a lo largo del curso del río Diyala utilizando técnicas de Sistemas de Información

Geográfica (SIG). Para este propósito, las muestras fueron tomadas en 24 estaciones a lo largo del área de estudio, considerando los parámetros como sólidos totales en suspensión (STS), hierro (Fe), cobre (Cu), cromo (Cr) y manganeso (Mn) que fueron recolectadas mensualmente, se utilizaron la herramienta de interpolación utilizando el método IDW. Finalmente se concluyo que los niveles de concentración de todos los indicadores de contaminación se encuentran dentro de los límites permitidos, sin embargo, el agua del río Diyala afectó la calidad del agua del río Tigris donde las concentraciones de algunas variables excedieron los límites permitidos y que el modelo SIG puede usarse como una herramienta efectiva para predecir y monitorear la calidad del agua.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El agua: un disolvente universal

El agua es un recurso natural que ejerce una acción limitante en el desarrollo humano, es muy importante para los seres vivos, por lo que Fernández (2012) afirma lo siguiente:

El agua existe en las tres fases: sólida, líquida y gaseosa dentro de los límites de temperatura y presión natural en la tierra, además tiene una gran capacidad calorífica y puede absorber una cantidad importante de calor sin aumentar demasiado su temperatura, así mismo, tiene la propiedad de expandirse cuando se congela (en realidad, la expansión comienza a los 4º C), esto permite que el hielo flote, si eso no sucediera y quedara debajo del agua no podría fundirse tan fácilmente. El agua también permite la disolución de sustancias iónicas y favorece su

ionización; estabiliza la temperatura de los cuerpos de agua en el punto de congelación y evita efectos de las bajas temperaturas sobre el ecosistema de los cuerpos de agua, influyendo en la transferencia del calor del vapor de los cuerpos de agua y el vapor atmosférico (p. 150).

2.2.2. Calidad del agua

Carrera (2011) afirma que la calidad del agua es un término relativo que dependerá del uso que se le dé al recurso, como por ejemplo para usos domésticos, industriales, agrícolas, actividades recreativas o el consumo de animales, para preservación de la flora y fauna. Por otra parte, Gómez (2000) menciona que la calidad del agua está relacionada con un conjunto de normas o estándares que pueden evaluar las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas, demostrando variaciones espacio-temporal por agentes internos y externos del cuerpo de agua.

2.2.3. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua

Según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para el agua, se define como *“La medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente”*.

Plasmado en los Decretos y Resoluciones de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua:

- Decreto Supremo N°002-2008-MINAM, aprueban Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Agua (No se encuentra vigente).
- Decreto Supremo N°023-2009-MINAM, aprueban disposiciones para la implementación de los Estándares Nacional de Calidad Ambiental (ECA) para agua (No se encuentra vigente).
- Decreto Supremo N°015-2015-MINAM. aprueban modificatoria de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (No se encuentra vigente).
- Según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, y establecen disposiciones complementarias (Se encuentra vigente).

2.2.3.1. ECA Categoría 3. Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Tabla 1) y se clasifica a la Categoría 3 en:

Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos

(Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

Tabla 1. Parámetros y norma utilizada para el componente agua.

AGUA

D.S N°004-2017-MINAM				
Parámetros	Unid	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
	pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Campo	Temperatura	°C	Δ 3	Δ3
	Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5
	Conductividad Eléctrica	(μS/cm)	2500	5000
	Turbiedad	NTU	-	-
Metales	Aluminio (Al)	mg/L	5	5
Totales	Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.2
ICP – Óptico	Bario (Ba)	mg/L	0.7	**
	Berilio (Be)	mg/L	0.1	0.1
	Boro (B)	mg/L	1	5
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.05
	Cobre (Cu)	mg/L	0.2	0.5
	Cobalto (Co)	mg/L	0.05	1
	Cromo Total	mg/L	0.1	1
	Hierro	mg/L	5	**
	Litio	mg/L	2.5	.5
	Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0.2	0.2	
Mercurio	mg/L	0.001	0.01	

Niquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05
Zinc	mg/L	2	24

Fuente: MINAM (2017).

-Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

-(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos.

-El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta

Subcategoría

2.2.4. Recurso hídrico superficial

El agua sin duda es un elemento fundamental para el consumo humano, y de igual forma es el elemento básico para el desarrollo de actividades económicas productivas como es la agricultura, la ganadería, piscicultura, actividad extractiva no renovables como es la minería, y en la generación de energía (centrales hidroeléctricas), entre otros; por lo tanto es necesario su uso racional, adecuado y sostenible, el mismo que se debe considerar primordial en la calidad, disponibilidad y su uso correspondiente (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2010).

2.2.5. Fuentes de aguas superficiales

Se considera como fuentes de aguas superficiales básicamente a los arroyos, lagos, lagunas y ríos; son aguas que puede tener un origen subterráneo,

los mismos que fluyen a la superficie a través de manantiales, o es como resultado de precipitaciones pluviales, que discurren en los terrenos, para concluir los cuerpos de agua; al respecto si el agua superficial tiene su origen subterráneo, ésta incluirá por cierto sólidos disueltos; por lo que contribuiría directamente a la contaminación de los ríos, lagunas o lagos básicamente con turbiedad y ácidos húmicos (proveniente de la mineralización de la materia orgánica), así mismo con microorganismos patógenos (González, Martín & Figueroa, 2015).

2.2.6. Contaminación del agua

Para la ANA (2010), la contaminación del agua, conlleva la concentración de una diversidad de sustancias nocivas, las mismas que son aportados básicamente por vertimientos mineros, industriales, aguas residuales domésticas crudas, lo que hace que superen los estándares de calidad ambiental para aguas en la categoría que se encuentre la zona de estudio. Al respecto según Sierra (2011), la contaminación de espacios acuáticos, tiene repercusión en cuanto a la calidad del agua, puesto que la presencia de sustancias nocivas, repercute negativamente en seres vivos, incluyendo en la salud de los seres humanos; de igual forma la contaminación hídrica conlleva al impedimento de actividades acuáticas, limitaciones en cuanto a la producción con uso de riego, entre otros.

2.2.6.1. Formas de contaminación

Según Echari (1988) entre las principales formas de contaminación se tienen a las que se dan mediante fuentes puntuales de descarga, y las fuentes no puntuales. Estas son descritas a continuación:

Las fuentes puntuales contaminantes simbolizan todas las actividades generadas por el hombre, cuyos residuos son directamente vertidos en especial a las aguas superficiales, el lugar de vertido es fácil de distinguir, por ejemplo, las empresas mineras, plantas industriales, desechos domésticos y/o municipales, entre otros.

Por otro lado, las fuentes no puntuales contaminantes, también llamadas “fuentes difusas”, son aquellas actividades humanas que no descargan directamente a las aguas superficiales, puede ser por

infiltración, entre las cuales tenemos principalmente a la agricultura, debido al uso de fertilizantes, pesticidas e insecticidas.

2.2.7. Parámetros físico-químicos del agua

Ramírez (2010) plantea con respecto a los parámetros físicos del agua, que estos determinan sus características especialmente incluyendo los cinco sentidos; al respecto estos parámetros físicos pueden ser color, olor, sabor, turbiedad, sólidos suspendidos y temperatura. Por otro lado, en cuanto se refiere a los parámetros químicos, plantea que se relacionan directamente con la capacidad del recurso hídrico para disolver diversidad de elementos como la alcalinidad, dureza, fluoruros, materia orgánica, oxígeno disuelto, metales y nutrientes. En suma se puede establecer que el empleo de los parámetros físico-químicos, se sustenta en que los resultados de sus análisis son inmediatos y que pueden estar sujetos a ser monitoreados de manera constante.

2.2.8. Parámetros físicos seleccionados

2.2.8.1. Temperatura

La temperatura afecta a parámetros o características como:

La solubilidad de gases y sales, cinética de reacciones químicas y bioquímicas, desplazamientos de equilibrios químicos, tensión superficial, desarrollo de organismos presentes en el agua y disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura y aceleración de los procesos de putrefacción (Orozco et al., 2003, p.68).

La temperatura tiene relación con el oxígeno disuelto; el incremento de temperatura reduce la cantidad de oxígeno disuelto, debido que esta se libera al medio ambiente acelerando sus procesos biológicos consumiendo oxígeno, por otro lado, se incrementa la de las sales, por la disociación de sus moléculas. Este parámetro físico también es utilizado como indicador de calidad en los procesos de tratamiento de agua (Ocasio, 2008).

2.2.8.2. Turbiedad

La turbiedad se encuentra relacionada con los sólidos totales suspendidos en el agua, lo que dificulta el paso de la luz. La turbiedad proviene de diversas fuentes, una de ellas de origen natural, por la erosión de los suelos, que aporta sedimentos a los ríos principalmente por arrastre producido por las precipitaciones, y básicamente por la contaminación causada por actividades antropogénicas como los vertimientos mineros, industriales, domésticos (Sierra, 2011).

2.2.8.3. Conductividad eléctrica

Severiche, et al (2013) sostiene que la conductividad es la capacidad que tiene el agua para transportar una corriente eléctrica, esta capacidad se encuentra relacionado con iones disueltos, debido a la división de sales inorgánicas, ácidos y bases, sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad y su valencia, de la temperatura y la viscosidad de la solución, sirve para estimar el contenido total de constituyentes iónicos.

Una conductividad alta se interpreta en un alto grado de salinidad o valores anormales de pH, las unidades se expresan en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, indicando la temperatura a la que se ha realizado la medición, puesto que es una variable que modifica sensiblemente los valores de la conductividad (Orozco *et al.*, 2003).

2.2.9. Parámetros químicos seleccionados

2.2.9.1. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro químico importante de la calidad del agua; es necesario para la vida de los seres vivos acuáticos que estas aguas superficiales contengan concentraciones elevadas de oxígeno disuelto. La solubilidad del oxígeno en el agua se debe principalmente a la presión atmosférica, temperatura y salinidad; cabe resaltar, que las aguas superficiales mayormente contienen concentraciones altas de oxígeno disuelto, a diferencia de las aguas subterráneas. Las fuentes principales de oxígeno en el agua son la disolución del oxígeno atmosférico, la fotosíntesis y el flujo turbulento del río por remoción (Orozco *et al.*, 2003).

La concentración de oxígeno disuelto (OD) se consume durante la degradación de la materia orgánica en el agua y es fundamental para cuantificar DBO. Los valores de OD disminuyen con la temperatura, y es importante para mantener vivos a los peces y a todos los organismos aerobios. La mortandad de peces no necesariamente se producen por la

toxicidad inmediata de los contaminantes, sino por la insuficiencia del oxígeno en el agua (Jiménez, 2001).

2.2.9.2. pH

El pH del agua, es un término que se utiliza para indicar la alcalinidad o acidez de una sustancia clasificada en una escala de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro, valores menores de 7 son ácidos y aquellos mayores de 7 son básicos.

El pH es importante para la evaluación de la calidad del agua, ya que influye en diversos procesos biológicos y químicos dentro de los cuerpos de agua y durante el aprovechamiento y tratamiento. Además, condiciona la presencia de ciertos organismos acuáticos, por su sensibilidad a los valores extremos de pH; en la mayoría de las aguas naturales el pH va de 6.0 a 8.5, aunque valores más bajos pueden aparecer en aguas con altos contenidos de materia orgánica disuelta, mientras que valores más altos ocurren en aguas subterráneas con altos niveles de salinidad y en lagos salados (Páez & Rivas, 2011).

2.2.9.3. Metales pesados en agua

Los metales pesados son de los contaminantes más peligrosos, debido a que no son biodegradables, y a su potencial de acumulación de sustancias químicas en los organismos vivos. La existencia de estos metales pesados en las aguas superficiales se debe a procesos naturales y antropogénicos, encontrándose en cantidades traza o en forma de partículas que se encuentran suspendidas en el ambiente principalmente

por procesos industriales, las que a corto plazo pueden sedimentarse y acumularse en los suelos y cuerpos de agua (Orozco et al., 2003).

Según Cervantes y Moreno (2010), químicamente un metal pesado es cuando su densidad supera los 5 g/cm³, sin embargo, según estudios medioambientales se considera metal pesado, a aquellos elementos, de mayor o menor densidad, que se encuentran relacionados a problemas de contaminación, algunos de ellos son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades, como el Fe, Mn, Zn, B, Co, As, V, Cu, Ni o Mo, y se vuelven tóxicos cuando se encuentran en altas concentraciones, mientras que otros no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente nocivos, como el Cd, Hg o el Pb.

Tabla 2. Densidad de los metales no prioritarios y prioritarios en agua en el ámbito de la ingeniería ambiental.

Metales no prioritarios, pero de interés en el agua		Metales prioritarios	
Nombre	Densidad (g/cm ³)	Nombre	Densidad (g/cm ³)
Aluminio	2.7	Antimonio	6.62
Bario	3.5	Arsénico	5.53
Calcio	1.55	Berilio	1.85
Fierro	7.86	Cadmio	8.64
Manganeso	7.3	Cromo	6.93
Magnesio	1.74	Cobre	8.89
Potasio	0.86	Mercurio	13.6
Sodio	0.97	Níquel	8.8
Vanadio	6.1	Plomo	11.4
		Selenio	4.82

Talio	16.6
Zinc	7.14

Fuente: Jiménez et al., 2001.

- **Fuentes y efectos de los metales pesados**

Las fuentes antropogénicas principales son las actividades de minería, fundición y refinado, durante estos trabajos se eximen metales al ambiente y además mediante la combustión de combustibles fósiles los metales llegan como partículas en suspensión a la atmósfera, que en un tiempo de mediano plazo acabarán depositándose en la superficie terrestre. El vertido de aguas residuales de determinadas industrias siderometalúrgicas, tratamiento de superficies, curtidos, etc., son ejemplos clásicos de contaminación por metales pesados (Orozco et al., 2003).

Tabla 3. Fuentes y efectos más importantes de algunos metales y semimetales presentes en el agua.

Elemento	Origen	Efectos tóxicos
Antimonio (Sb)	Industrias esmaltes y tipografía	Patología Cardíaca
Arsénico (As)	Minería, industria pinturas	Tóxico en piel y sistema nervioso, posible cancerígeno
Bario (Ba)	Minería, industria pinturas	Sistema circulatorio
Berilio (Be)	Carbón, industria nuclear y espacial	Tóxico, afecciones pulmonares, posible cancerígeno
Cadmio (Cd)	Carbón, minería, tratamiento de metales	Afecciones renales, cardiovasculares,

Cobalto (Co)	Aleaciones, tintes y pinturas, cerámicas, medicina nuclear	hipertensión. Reemplaza bioquímicamente al Zn A altas dosis puede ser tóxico. Tóxico en peces a alta concentración
Cobre (Cu)	Recubrimiento de metales, minería, corrosión	Tóxico en algas y plantas. No muy tóxico en animales, sistema digestivo
Cromo (Cr)	Recubrimiento de metales, industria textil y de curtido	Daños al sistema digestivo, riñón e hígado. Posible cancerígeno como Cr (VI)
Hierro (Fe)	Minería, erosión, lixiviación de rocas y suelos, fundición, galvanotecnia, corrosión	No tóxico. Problemas de sabor y turbidez. Daños a plantas a alta concentración
Manganeso (Mn)	Minería, aleaciones, lixiviado de rocas y suelo, industria química	No muy tóxico. A altas concentraciones daños al sistema nervioso, neumonía
Mercurio (Hg)	Minería, carbón, industria química, fungicidas	Tóxico agudo y crónico. Daños al sistema nervioso y riñón
Níquel (Ni)	Recubrimiento de metales, aleaciones, baterías, catalizadores, pigmentos	Cancerígeno en alta dosis, dermatitis, náuseas
Plata (Ag)	Galvanoplastia, fotografía, moneda	Daños riñón, hígado, piel y mucosas
Plomo (Pb)	Minería, carburantes, pinturas, corrosión	Muy tóxicos en niños y mujeres embarazadas. Daños al sistema nervioso, riñón. Anemia.

Selenio (Se)	Carbón y petróleo, minería del cobre	Afecta sistema nervioso a altas concentraciones. Hemorragias.
Vanadio (V)	Carbón y petróleo, erosión natural, aleaciones, catalizador, tintes y pinturas	Alta dosis produce problemas gastrointestinales y de respiración
Zinc (Zn)	Recubrimiento de metales, aleaciones, pigmentos, pinturas, catalizador	Fitotóxico a altas concentraciones

Fuente: Orozco et al., 2003.

- **Destino de contaminantes metálicos**

El principal destino de los contaminantes metálicos son las aguas superficiales, básicamente por los vertimientos mineros, industriales, domésticos y la escorrentía agrícola. Igualmente, los procesos industriales liberan elevadas cantidades de metales a la atmósfera que son nuevamente transportados por las precipitaciones a la superficie terrestre. (Orozco et al., 2003, p.90).

2.2.10. Caudal

Según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA), el caudal es el volumen de agua que pasa por una sección determinada de un río, canal o tubería en una ciudad. Para la medición del caudal existen varios métodos, los más utilizados son el método del correntómetro y el método del flotador.

2.2.11. Método de interpolación

La interpolación predice valores en lugares que carecen de puntos de muestra mediante puntos reales muestreados in situ (Oliver & Webster, 1990).

La interpolación puede proyectar mapas continuos a partir de puntos de muestras reales; sin embargo, limitaría su utilización si existe una gran cantidad de puntos de muestreo en la zona de estudio (Johnston, Hoef, Krivoruchko, & Lucas, 2001).

Existen dos categorías de técnicas de interpolación, la primera son las deterministas que crean superficies basadas en los puntos de medición y las geoestadísticas que se basan en estadísticas y se utilizan para el modelado de superficies de predicción más avanzada que incluye también un cierto grado de la certeza o exactitud de las predicciones (ArcGIS, 2010).

- Ponderación de la distancia inversa (Inverse Distance Weighting-IDW):
IDW es un método determinista de interpolación, este método tiene una mejor predicción a menor distancia se encuentre desde el punto de muestra a interpolar, a medida se va alejando de la ubicación de muestra va disminuyendo su predicción (ArcGIS, 2012).

2.2.12. Coeficiente de correlación de Pearson

Restrepo y González (2007) afirman que el coeficiente de correlación de Pearson, mide el grado de variación de dos variables distintas lineales, cabe mencionar si hay variables estrechamente relacionadas que no se encuentran en forma lineal, no se usa la correlación de Pearson.

El signo del coeficiente de correlación de Pearson se encuentra entre -1 y +1, sin embargo, es preciso recalcar que el signo determina la trayectoria del valor, más no la fuerza de relación de +1 y -1.

El valor +1 es perfecta positiva, cuando a medida que una variable se incrementa la otra también lo hace y/o viceversa, el valor -1 es perfecta negativa, cuando a medida que una variable incrementa la otra disminuye y/o viceversa. También se puede encontrar correlaciones nulas que no tienen ningún tipo de relación.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de la presente tesis abarca dos distritos de la provincia de Yauyos, distrito de Alis (comunidad de Tinco Yauricocha y el campamento minero Huacuyacha), y el distrito de Tomas (comunidad de Huancachi). Al respecto, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que existe data histórica de empadronamiento del año 2000-2015 en el Sistema de Consultas de Centro Poblado.

El INEI mediante el sistema de Consultas de Centro Poblado en el año 2015 indica que el distrito de Alis tiene 1203 habitantes (esta cantidad de habitantes va disminuyendo con los años, puesto que la data histórica muestra que en los últimos 10 años ha disminuido aproximadamente la mitad de su población); de los cuales 100 habitantes pertenecen a la comunidad de Tinco-Yauricocha, y 19 habitantes pertenecen al campamento minero Huacuyacha, considerado por el INEI como "Centro Poblado".

Por otro lado, para el distrito de Tomas, el INEI indicó un total de 1127 habitantes (evidenciando un ligero incremento, puesto que en los últimos diez años se mantuvo

una población constante); de los cuales 425 habitantes corresponden a la comunidad de Huancachi.

2.3.1. Principales actividades económicas

Tomando como referencia el Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (RPNYC, 2006), se establece que la actividad económica fundamental en la zona de estudio, es la actividad agropecuaria, orientada básicamente para autoconsumo, donde cobra mayor notoriedad la actividad pecuaria (crianza de ovinos); las principales actividades económicas en el sector son:

- **Agricultura**

La agricultura en la zona ubicada entre los 3000 a 3600 m.s.n.m, está orientado básicamente al autoconsumo, es decir, no está orientada hacia el mercado local, su desarrollo es limitado, pues esta propenso a ser afectado por las continuas variaciones climáticas (heladas y sequías), es una agricultura mayormente de secano, y que se desarrolla especialmente en laderas con pendientes, andenes y en algunos casos terrenos planos.

Las principales limitaciones que presenta la actividad agrícola en el área son las siguientes:

- Alta fragmentación de la propiedad, la cual limita las posibilidades de mejora de los niveles de producción y productividad agrícola, obligando al productor a practicar una agricultura de minifundio y autoconsumo.
- La baja calidad de las semillas utilizadas.

- La mayoría de la actividad agrícola practicada depende de las precipitaciones pluviales, las cuales son estacionales y muy variables de año en año.
- Existe un riesgo y un límite para la producción, puesto que sólo puede realizarse una campaña al año.
- Los agricultores emplean la mano de obra familiar para realizar las labores del campo, no es posible la ayuda de otra fuente de energía, por ejemplo, la yunta.
- Las limitaciones topográficas y la excesiva fragmentación de la tierra no permiten la expansión del área de cultivo.
- Problemas a los cultivos ocasionados por plagas y enfermedades; teniendo una mayor incidencia por la no existencia de programas de asistencia técnica con énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades.

Los primordiales cultivos, registrados en la zona son: mashua, papa, olluco, cebada, haba, oca, quinua, plantas medicinales y aromáticas, así mismo cultivos destinados para alimento pecuario como, forrajes, pastos cultivados, cebada y otros.

- **Actividad pecuaria**

La producción pecuaria está articulada al mercado local y genera los mayores ingresos para las comunidades de la zona de estudio; su importancia radica en que los productos y subproductos como carne, lana, leche, etc, no sólo

se destinan para el consumo local, sino principalmente se ofertan a los mercados regionales.

En la zona de estudio la crianza de ovinos es la actividad principal, la cual se encuentra destinada a la comercialización de carne a los mercados locales; la alimentación del ganado se basa en forrajes, pastos nativos, cultivados, alimentos concentrados y el maíz chala.

Según los diagnósticos realizados por el Instituto Rural Valle Grande en 1998, lo que estaría contribuyendo al sobrepastoreo, sería la falta de capacitación y asistencia técnica para el manejo del ganado y pastos, ha reducido gradualmente la productividad de esta actividad, a pesar de ser la que reporta mayores ingresos para las familias campesinas.

- **Actividad Minera**

La actividad minera contribuye una actividad económica en el área de estudio, en ella se ubica la mina Yauricocha, propiedad de la Sociedad Minera Corona S.A., que extraen actualmente metales como el cobre, plomo, zinc y plata, que son llevados a la Oroya (142 Km). A pesar de ser uno de los principales centros mineros de la zona, no contribuye al desarrollo del lugar ni impulsa la economía de la zona.

2.3.2. Climatología

Durante el año hidrológico, se registra dos estaciones bien diferenciadas, una estación lluviosa de octubre a marzo en que precipita aproximadamente el 85% y una estación seca de abril a setiembre en que precipita únicamente el 15%. SENAMHI (2004).

Según los registros históricos de precipitación total mensual del año 1964 al 2000 como se observa en la figura 1, la zona de mayor precipitación es: Yauricocha (estación más cercana al área de estudio, con altitudes que promedian los 4500 msnm), y con precipitación total anual de 989.6 mm (se cumple un gradiente pluviométrico precipitación-altitud) y sus temperaturas medias anuales son de 12 °C, presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas. MINAG (2001).

En la Figura 1 se observa que la precipitación total mensual del área de estudio muestra un mayor valor en el periodo de diciembre a marzo y menor de junio a agosto.

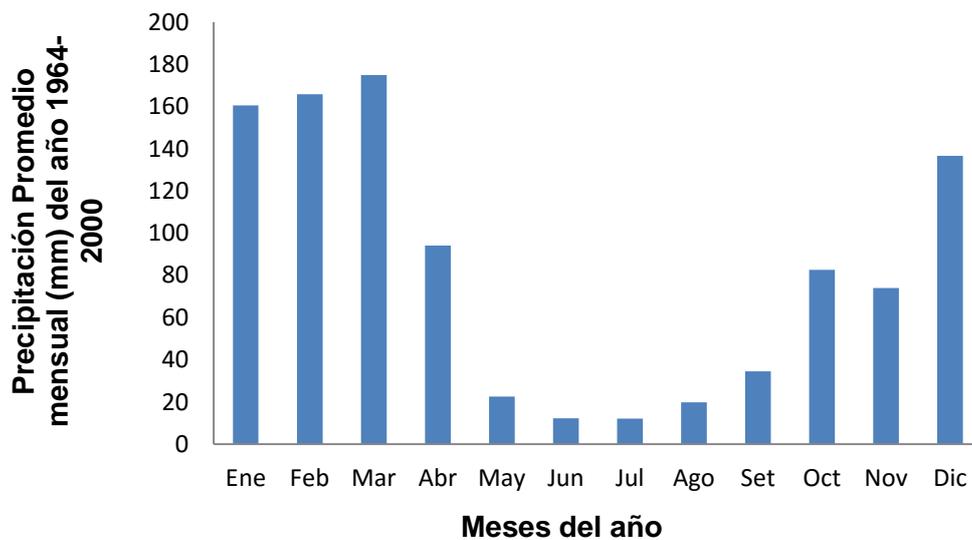


Figura 1. Precipitación promedio mensual del año 1964-2000.

Según el Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, 2006 el clima es bastante variable y dependen de la altitud y orientación de las faldas de los cerros. La precipitación tiende a ser más alta a mayor altitud y en las faldas

orientadas hacia la dirección del viento; el promedio es de 500 a 1000 mm. Las heladas son muy comunes por encima de 3450 m.s.n.m.

2.3.3. Geomorfología y geología

Según el mapa geomorfológico elaborado por el Ministerio de Agricultura en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas en el año 2006, el área de estudio se encuentra en dos vertientes, la primera en una vertiente montañosa y colina empinada a escarpada (Vs1-e), y la segunda en una vertiente montañosa fuertemente disectada (Vs2-e).

El mapa geológico elaborado por el Ministerio de Agricultura en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, la secuencia litológica del área de estudio está dada por:

- Formación Chilca (Ks-chi)
- Formación Jumasha (Ks-j)
- Granodiorita, diorita y tonalita (Ps-gd/to/di)

2.3.4. Hidrografía

El área de estudio hidrográficamente pertenece a la parte media de la cuenca del río Cañete, otras fuentes hídricas identificadas en este sector son las lagunas y manantiales con características diversas de acuerdo a su orientación y régimen hídrico. Las lagunas que configuran ecosistemas muy diversos, desde productivas turberas hasta lagos oligotróficos, son de origen glaciar. La forma sigue el trazado fluvial; normalmente es alargada, en ocasiones algo curvado cuando el lecho del río gira bruscamente, y en algún caso cuando ocupan zonas

más llanas, son de forma oval. Por otro lado, los manantiales (pequeños ojos de agua) y bofedales están dispersos en varios sitios del área de estudio.

2.3.5. Saneamiento

Según la ANA (Informe Técnico N° 103-2017-ANA-AAA.CF-ALA MOC-AT-LEAP-IFC CAÑETE), las aguas residuales domésticas provenientes de la red de alcantarillado de las dos comunidades de la zona de estudio, son dispuestas a dos tanques de concreto cerrado, así mismo, refiere que la fuente puntual de vertimiento doméstico de la comunidad Tinco es continua, sin embargo, se evidenció *in situ*, la falta de mantenimiento en ambos sistemas de tratamiento, cuya consecuencia inmediata fue que dichas unidades actualmente se encuentren colapsadas e inoperativas, ocasionando que la fuente puntual del vertimiento doméstico de la comunidad Tinco no presentase descargas continuas en las fechas de monitoreo. Ante este problema la municipalidad distrital gestionó una partida presupuestal a efectos de ampliación y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario en el centro poblado Huancachi, la misma que actualmente se encuentra en ejecución.

2.3.6. Fuentes contaminantes

Las principales fuentes puntuales y difusas de contaminación de los cuerpos de agua registradas por la ANA (Informe Técnico N°103-2017-ANA-AAA.CF-ALA MOC-AT-LEAP-IFC CAÑETE) en el área de estudio, son los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de descargas de la red de alcantarillado, y el vertimiento de aguas residuales industriales.

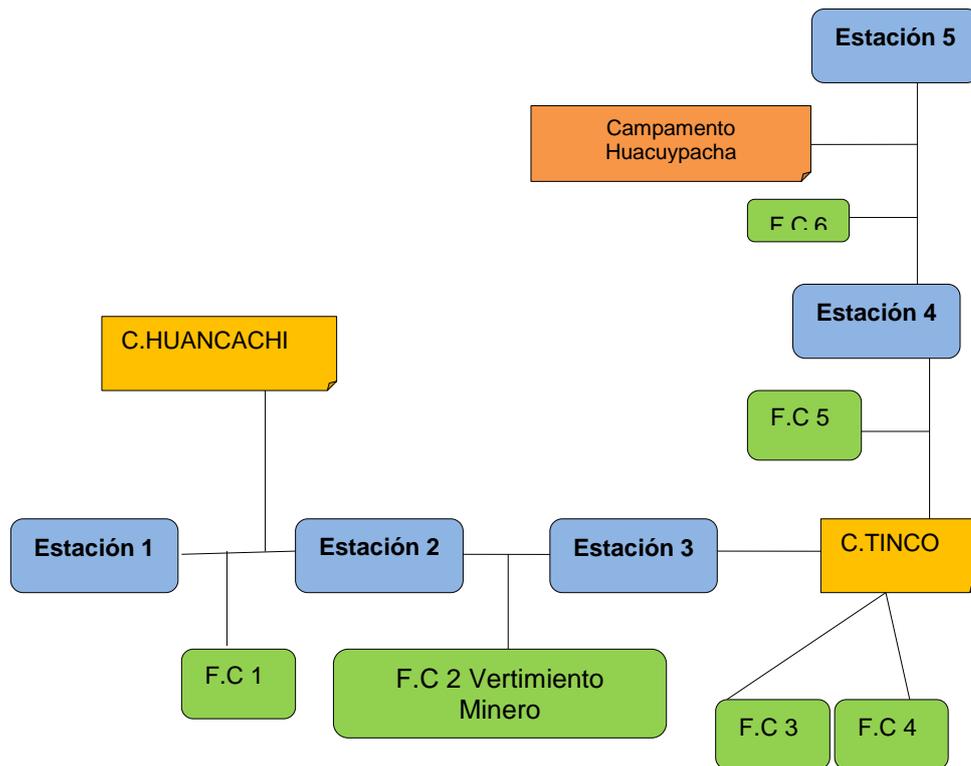


Figura 2. Fuentes contaminantes identificadas según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el área de estudio, a excepción de la F.C 6.

Fuente: Elaboración propia en base al Informe Técnico de Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Río Cañete (2017).

La fuente difusa contaminante (F.C 1), cuyo punto de vertimiento es derivado mediante dos tanques de concreto cerrado (tanque imhoff), generando la infiltración a dos metros del río Tinco (margen derecha), dichas unidades se encuentran colapsadas e inoperativas por falta de mantenimiento.

La fuente puntual contaminante (F.C 2) es el vertimiento del agua residual industrial tratada, procedentes de la PTAR de la Minera Corona (Unidad Yauricocha) la cual es vertida a través de un canal de concreto al río Tinco, la misma que se encuentra con autorización de vertimiento, el caudal estimado es de 427L/s y un volumen de 13494 m³/año.

Las fuentes puntuales contaminantes (F.C 3) y (F.C 4) son las aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería (01) de hierro fundido de 4", proveniente de las viviendas de la comunidad de Tinco (margen derecha del río Tinco), se encuentran inoperativas a la fecha, y no cuenta con autorización de la ANA.

La fuente puntual contaminante (F.C 5) es el vertimiento de las aguas residuales domésticas de la red de alcantarillado de la comunidad Tinco, que son dispuestas a dos tanques de concreto cerrado, el cual se encuentra conectado mediante una tubería de PVC de 4" (margen izquierda de la quebrada Huacuypacha), evidenciándose descargas no continuas, dicha unidad se encuentra colapsada e inoperativa por falta de mantenimiento, no cuenta con autorización de la ANA.

La fuente difusa contaminante (F.C 6) son las descargas de aguas residuales domésticas del campamento Huacuypacha, se infiltra al terreno (margen derecha de la quebrada Huacuypacha), no cuenta con autorización de la ANA.

III. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo general

Evaluar la variación espacio-temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco, Provincia de Yauyos, Departamento de Lima, correlacionando con parámetros físico-químicos *in situ* y comparando sus valores con los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N°004-2017-MINAM.

3.2. Objetivos específicos

Monitorear los parámetros físico-químicos *in situ* en aguas superficiales de cinco estaciones diferentes de la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, durante épocas de estiaje y avenidas.

Analizar la concentración de metales pesados en aguas superficiales en cinco estaciones diferentes de la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, durante épocas de estiaje y avenidas.

Comparar los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos con los valores del ECA-agua 2017.

Determinar la relación de los niveles de concentración de metales pesados, con los parámetros *in situ* (pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Turbiedad y caudal) del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco, Provincia de Yauyos, Departamento de Lima.

IV. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis general

La concentración de metales pesados del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, departamento de Lima varía según época. En época de avenida la concentración de metales pesados es menor que en la de estiaje; existiendo relación de los niveles de concentración de metales pesados con los parámetros *in situ*, y no se encuentran en el rango de los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3.

4.2. Hipótesis específicas

Los valores de los parámetros físico-químicos monitoreados *in situ* en aguas superficiales de cinco estaciones diferentes en dos épocas, en la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, varían en función de la época de monitoreo.

La concentración de metales pesados en aguas superficiales en cinco estaciones diferentes de la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos durante la época de avenida es menor que en la de estiaje.

Los valores de los parámetros físico-químicos en aguas superficiales de cinco estaciones diferentes de la microcuenca del río Tinco, provincia de Yauyos, durante las épocas de estiaje y avenida no se encuentran en el rango de los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3.

Existe relación de los niveles de concentración de metales pesados, con los parámetros *in situ* (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y turbiedad) del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco, Provincia de Yauyos, Departamento de Lima.

V. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se realizó en coordinación con el SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas), los dirigentes y pobladores de las comunidades campesinas de Tinco, Huancachi y con el laboratorio ALS - LS acreditado por INACAL.

5.1. Ubicación

La microcuenca del río Tinco, se encuentra en la zona de amortiguamiento de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (modifica a la Resolución Jefatural - Nº 304 - 2001 - INRENA), ubicado en el departamento de Lima, provincia de Yauyos, en los distritos de Alis y Tomas (Figura 3), con una latitud de 12°14'18", longitud de 75°44'45" y una superficie de 297.93 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2016).

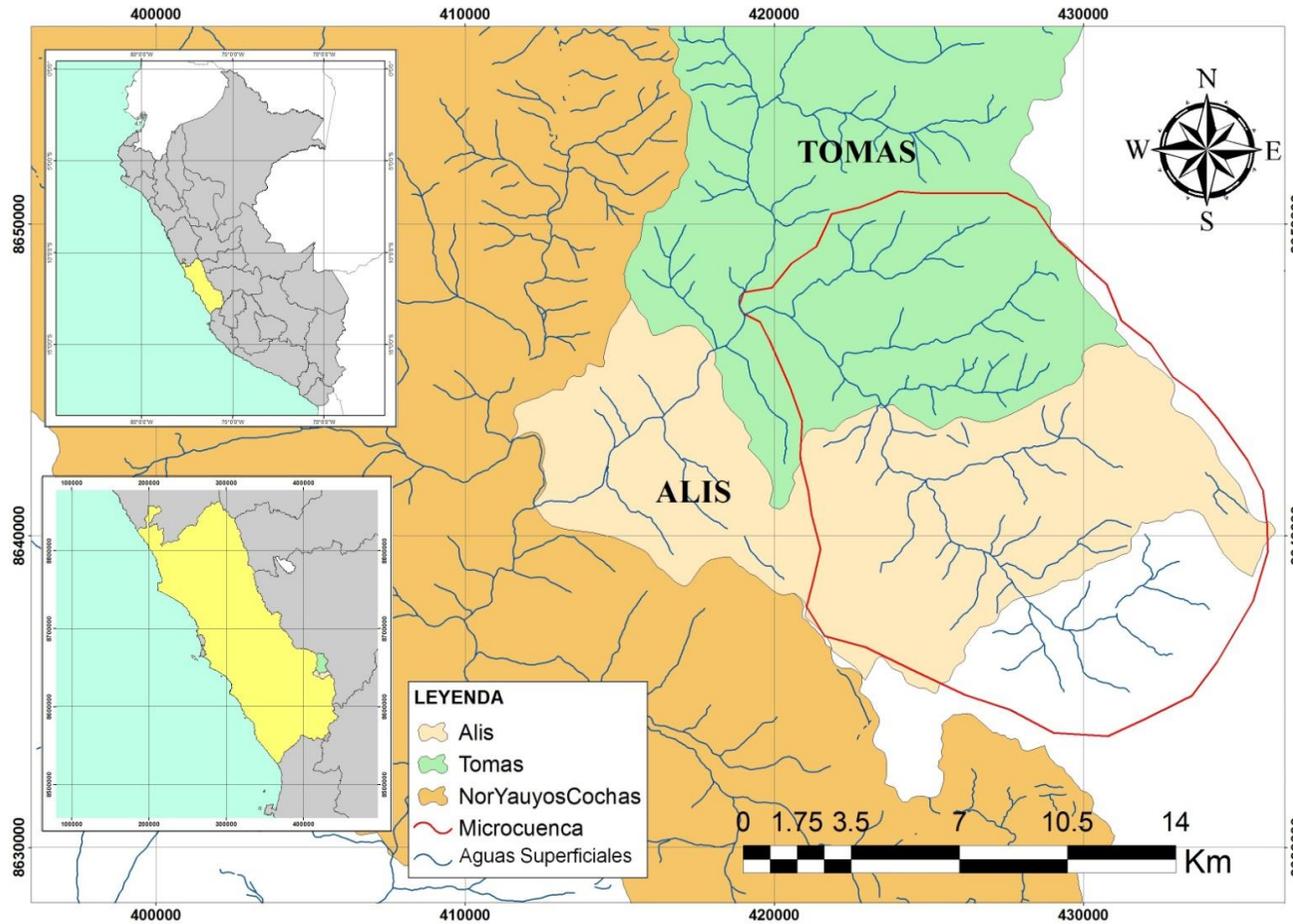


Figura 3. Ubicación de la Microcuenca del río Tinco.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Selección de las estaciones de muestreo

Tomado como referencia el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, aprobada por la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA, se consideró para la selección de las estaciones de monitoreo y muestreo criterios tales como la accesibilidad (se evitó acceder por pendientes peligrosas con alto riesgo de caída), la representatividad (se evitó zonas con características espumosas, flujo turbulentos que no son característicos del río de estudio, se eligió donde el cauce del río se encuentre constante y similar de profundidad), es fundamental colocar las estaciones aguas debajo de la influencia antrópica puntual y/o difusa, como los vertimientos mineros, industriales, domésticos, agrícolas; para poder analizarlos y así establecer especies químicas que podrían servir como trazadoras de determinada actividad en las aguas de la microcuenca del río Tinco.

En la Figura 4, se ilustra la microcuenca del río Tinco donde ubican las comunidades Tinco y Huancachi, el campamento Huacuypacha, las cinco estaciones de muestreo y monitoreo y la unidad minera Yauricocha. Puede notarse que la distribución de las estaciones considera tres puntos del río Tinco y dos puntos de la quebrada Huacuypacha.

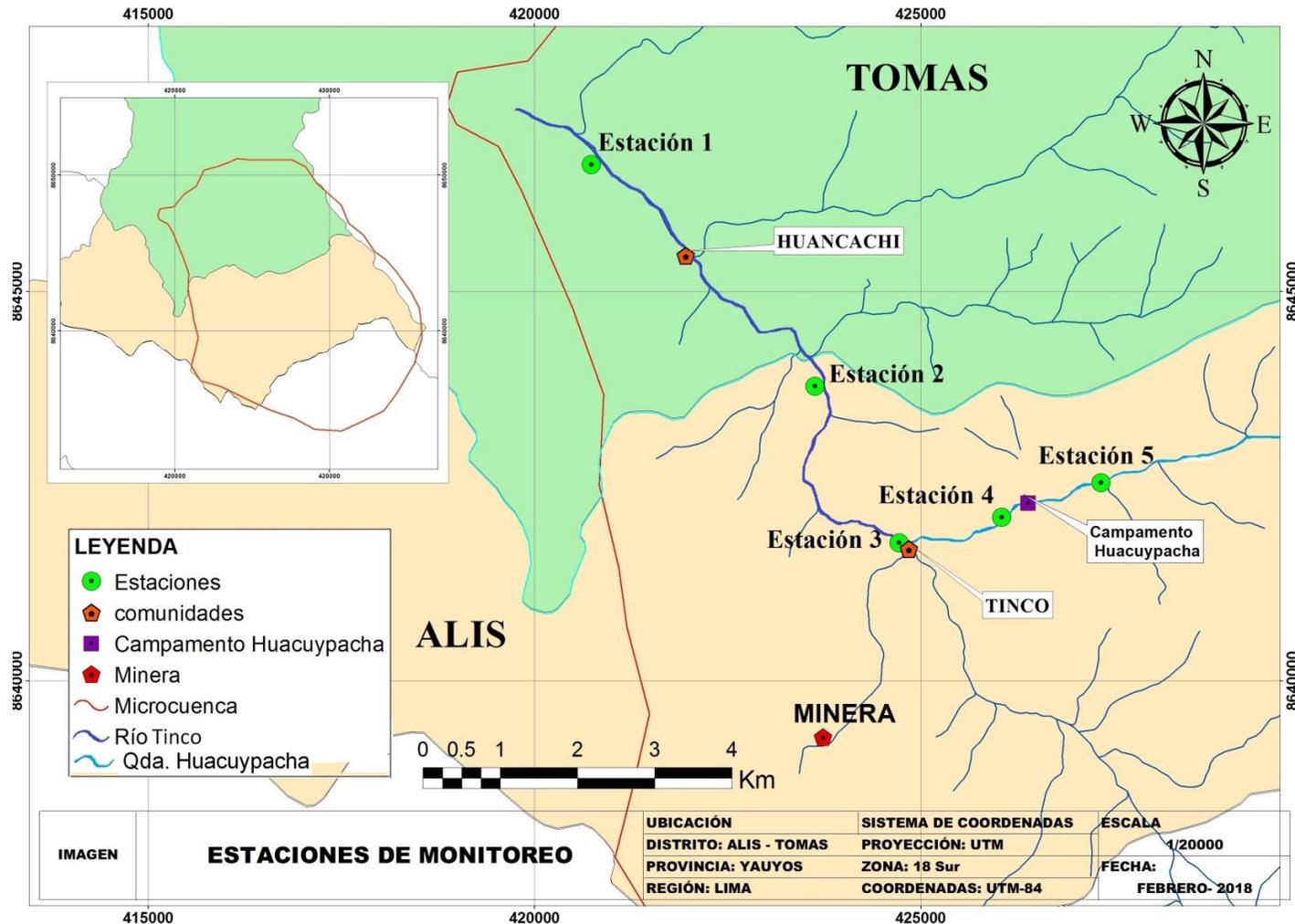


Figura 4. Ubicación de las estaciones de monitoreo en la microcuenca del río Tinco

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se muestra la ubicación y características descriptivas de las estaciones de muestreo, en función de sus coordenadas geográficas y altitud.

Tabla 4. Ubicación y características descriptivas de las estaciones de monitoreo y muestreo en la microcuenca del río Tinco.

Estaciones de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)	Descripción
	Datum WGS 84 Zona 18			
	Este	Norte		
Estación 1	420737	8646630	3607	Río Tinco, km 175 de la carretera Yauyos, frente a Ito (zona de amortiguamiento de la RPNYC), aguas abajo del vertimiento doméstico difuso de la comunidad Huancachi, distrito de Tomas.
Estación 2	423640	8643786	3813	Río Tinco, km 180 de la carretera Yauyos, a 2km aproximado aguas abajo del punto de vertimiento industrial de la Unidad Minera Yauricocha, aguas arriba de la comunidad Huancachi, distrito de Tomas.
Estación 3	424718	8641775	3988	Río Tinco, km 183 de la carretera Yauyos, a 20m aproximando aguas arriba del punto de vertimiento industrial tratado de la Unidad Minera Yauricocha,

Estación 4	426055	8642101	4049	<p>aguas abajo del vertimiento doméstico de la comunidad Tinco, distrito de Alis.</p> <p>Quebrada Huacuypacha, km 185 de la carretera Yauyos, 100m aproximado aguas abajo del Campamento Huacuypacha perteneciente a la Unidad Minera Yauricocha, distrito de Alis.</p> <p>Quebrada Huacuypacha, km 188 de la carretera Yauyos, 100m aproximado aguas arriba del Campamento Huacuypacha perteneciente a la Unidad Minera Yauricocha, distrito de Alis.</p>
Estación 5	427332	8642548	4144	

Fuente: Elaboración propia.

En las **figuras 5, 6, 7, 8 y 9**, se muestran algunas vistas en las diferentes épocas de la zona donde se establecieron las estaciones de monitoreo en estudio:

En la Figura 5, se observa la estación E-1 en época de estiaje (27/07/2017), km 175 de la carretera Yauyos. Es pedregosa, está rodeado ligeramente de vegetación y es de fácil acceso, se observó excremento ovino y algunos residuos como cartón, bolsas de plástico y botellas.

Esta zona es de vertiente montañosa fuertemente disectada (Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, 2006).



Figura 5. Vista de la estación E-1 en el río Tinco.

En la Figura 6, se observa la estación E-2 en época de estiaje (27/07/2017), km 180 de la carretera Yauyos. Es pedregosa, cuenta con cobertura vegetal (pajonal, césped de puna), se observó presencia mínima de residuos sólidos como bolsas de plástico y excremento ovino. Esta zona es de vertiente montañosa fuertemente disectada (Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, 2006).



Figura 6. Vista de la estación E-2 en el río Tinco.

En la Figura 7, se observa la estación E-3 en época de avenida (27/01/2018), km 183 de la carretera Yauyos. Es pedregosa y de difícil acceso, rodeado con cobertura vegetal (pajonal, césped de puna) propio de la zona, se observó presencia mínima de residuos sólidos como botellas de plástico, cartón. Esta zona es de vertiente montañosa fuertemente disectada (Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba, 2006).



Figura 7. Vista de la estación E-3 en el río Tinco.

En la Figura 8, se observa la estación E-4 en época de estiaje (27/07/2017), km 185 de la carretera Yauyos. Es pedregosa, rodeado con cobertura vegetal (pajonal, césped de puna) propio de la zona. Está zona es de vertiente montañosa y colina empinada a escarpada (Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, 2006).



Figura 8. Vista de la estación E-4 en la quebrada Huacuypacha.

En la Figura 9 se observa la estación E-5 en época de avenida el 27/01/2018, Km 188 de la carretera Yauyos. Es de fácil acceso, pedregosa en las partes altas, rodeado con cobertura vegetal (pajonal, césped de puna) propio de la zona, se observó presencia de excremento ovino, a su vez presencia de vegetación acuática como algas, no se observó presencia de residuos sólidos. Está zona es de vertiente montañosa y colina empinada a escarpada (Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba, 2006).



Figura 9. Vista de la estación E-5 en la quebrada Huacuypacha.

5.3. Muestreo y monitoreo

Se consideraron en el proceso de monitoreo y muestreo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA, dejada sin efecto por la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA).

El monitoreo y toma de muestras se desarrolló en las cinco estaciones, en seis periodos, tres meses en época de estiaje (junio - julio - agosto del 2017) y tres meses en época de avenida (diciembre (2017) - enero - febrero del 2018). La frecuencia del muestreo en épocas de estiaje y avenida, ha permitido considerar los cambios estacionales que influyen en el recurso hídrico superficial de la microcuenca del río Tinco.

- Parámetros evaluados *in situ*:

Se midió el pH, la temperatura (°C), la conductividad eléctrica (CE), el oxígeno disuelto (OD) y la turbiedad, sumergiendo los equipos portátiles de medición que fueron proporcionados por la Universidad Científica del Sur, se realizó cinco repeticiones por cada parámetro muestreado *in situ*, de los cuales se sacó el promedio para un óptimo resultado.

En la Tabla 5, se observa los tipos de equipos portátiles de medición que fueron proporcionados por la Universidad Científica del Sur para realizar el monitoreo *in situ*.

Tabla 5. Características técnicas de los equipos portátiles de monitoreo de parámetros físico-químicos de calidad de agua.

N°	Componente	Parámetro	Tipo de equipo	Marca	Modelo	Monitoreo
1	AG	pH	Phmetro	Hanna	HI 98127	<i>In situ</i>

2	Temperatura (°C)				
3	Conductividad eléctrica (CE)	Conductímetro	Hanna	HI 8733	<i>In situ</i>
4	Oxígeno disuelto (OD)	Oxímetro	Hanna	HI 9146	<i>In situ</i>
5	Turbiedad	Turbidímetro	Thermo Scientific	Orion AQ 3010	<i>In situ</i>

Fuente: Elaboración propia.

Con referente a las tomas de muestras en las cinco estaciones correspondientes para realizar el análisis de metales totales por el método ICP-OES, cada recipiente, se enjuagó tres veces con la muestra antes de tomar la muestra definitiva.

Para transportar y almacenar las muestras se utilizaron frascos de plástico de 250 mL debidamente etiquetados de color amarillo. Asimismo, para conservar las muestras de agua destinadas al análisis de metales totales por ICP-OES, se acidificó con concentración del ácido nítrico empleado a 0.1 mL, las muestras fueron refrigeradas durante su transporte al laboratorio y, almacenadas en cooler con ice pack a 4°C hasta el análisis de los ensayos en el laboratorio ALS-LS, cumpliendo el tiempo de conservación máximo de 14 días (Tabla 6).

Tabla 6. Requerimientos de la toma de muestra de aguas según el laboratorio ALS-LS.

Componente	Parámetro	Tipo de material	Conservación	Tiempo máximo de conservación
Agua superficial	Metales totales por ICP-OES	Frasco de plástico, 250 mL / etiqueta color amarillo	Añadir HNO ₃ 0.1 mL a pH < 2 y refrigerar 4°C +/- 2°C	14 días

Fuente: Laboratorio acreditado ALS-LS, 2018.

- Parámetros evaluados en laboratorio

Parámetros inorgánicos: La cuantificación de metales y no metales en agua (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fosforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Vanadio y Zinc) se realizó por el método ICP-OES, con el método de ensayo EPA 6010 B / EPA 3010, Rev. 2 December 1996, en el laboratorio ALS - LS (acreditado por INACAL), como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Método de referencia aplicado.

Parámetro	Método de referencia	Descripción
Metales totales por el método de ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010, Rev. 2 December 1996	Inductively Couple Plasma – Atomic Emission Spectrometry

Fuente: Laboratorio acreditado ALS-LS, 2018.

- Medición del caudal por método del flotador

Según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (2016): “Los caudales de ríos y quebradas pueden ser estimados generando primero una relación caudal-altura para un punto estable a lo largo del curso del agua mediante un aforador en una serie de condiciones de caudal bajo, medio y alto” (p. 42).

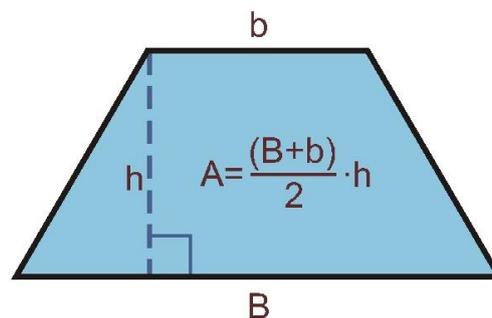
Medición de la velocidad: V

Para calcular la velocidad, se utilizó la fórmula de distancia/tiempo, para hallar la distancia se seleccionó un tramo homogéneo del río y se estimó una longitud

apropiada de 20 m que representó el espacio recorrido por el objeto flotante. Para el tiempo estimado, se contó con una pelotita que cumplió la función de flotador, se lanzó el objeto siguiendo todo el recorrido de 20 m, calculando el tiempo de este objeto. Por último, se hizo varias repeticiones lanzando el flotador, sacando el promedio para evitar valores errados. La unidad de medida de la velocidad es m/s.

Medición del área de la sección transversal del río: AT

En el lugar seleccionado para el monitoreo y toma de muestras, se ubicó el ancho mayor y menor del río, y se tomó la altura promedio del río. Luego se calculó el área transversal, usando el método del trapecio:



Cálculo del caudal del río por cada estación:

Con los datos obtenidos se procedió a calcular el caudal del río, QR, con base en la siguiente ecuación:

$$QR \text{ (m}^3\text{/s)} = \text{Velocidad (m/s)} \times \text{Area (m}^2\text{)}$$

5.4. Evaluación espacio-temporal de metales pesados y parámetros in situ

- **Prueba t de Student y Mann-Whitney:**

Los resultados de metales totales y parámetros in situ obtenidos de las cinco estaciones de monitoreo se desarrollaron con el programa SPSS, los cuales fueron

sometidos a un análisis de prueba T y Mann - Whitney para conocer si existen diferencias significativas entre los resultados en la época de avenida y estiaje a un nivel de significación de 5 %.

- **Interpolación (IDW)**

Para determinar el curso del río se realizó en base a una secuencia de puntos tomados con el GPS de navegación a un intervalo de 1 punto por segundo, el cual se tradujo a un archivo vectorial tipo línea de 16.91 km, a partir del cual se generaron 150 estaciones de muestreo a razón de 100 m aprox. por punto (Figura 10).

En el curso definido del río se utilizaron las cinco estaciones de monitoreo georreferenciadas las cuales fueron monitoreados durante el tiempo de evaluación según lo indicado en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA; posteriormente se utilizó el análisis de interpolación de cada uno de los parámetros de las estaciones de monitoreo por el método Inverse Distance Weight (IDW), para elaborar un modelo espacial de los valores de cada parámetro, este proceso se realizó en la plataforma del software ArcGIS 10.3, con la herramienta *Spatial Analysis tools>> Inverse Distance Weight* como se observa en la Figura 11 y 12, siendo el producto generado un archivo de tipo raster a una resolución de 0.3 m por pixel.

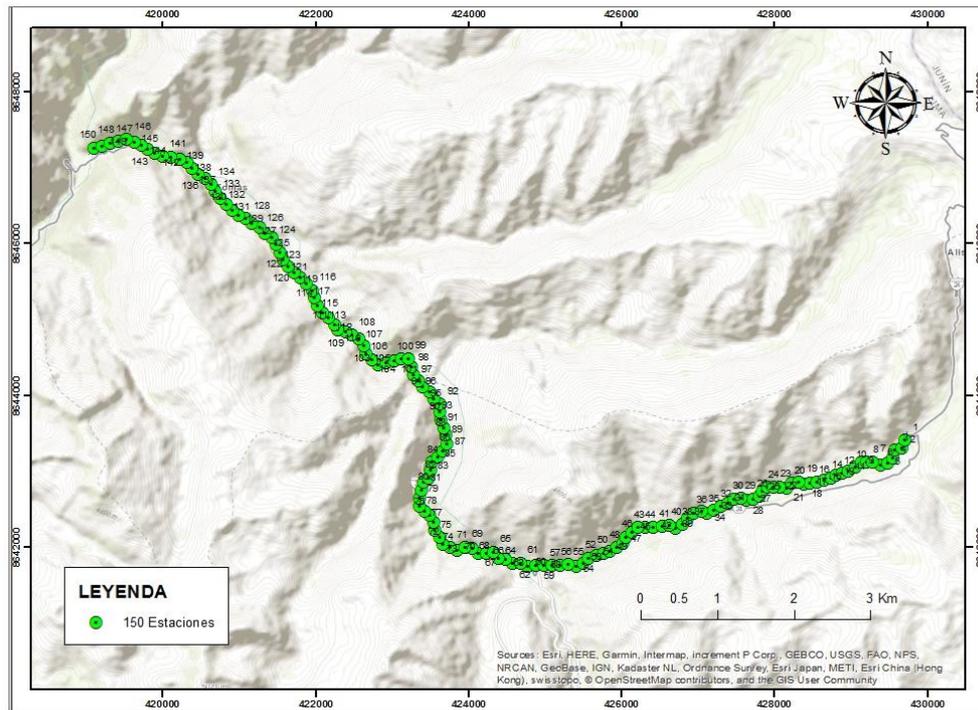


Figura 10. 150 estaciones de muestreo a razón de 100 m por punto

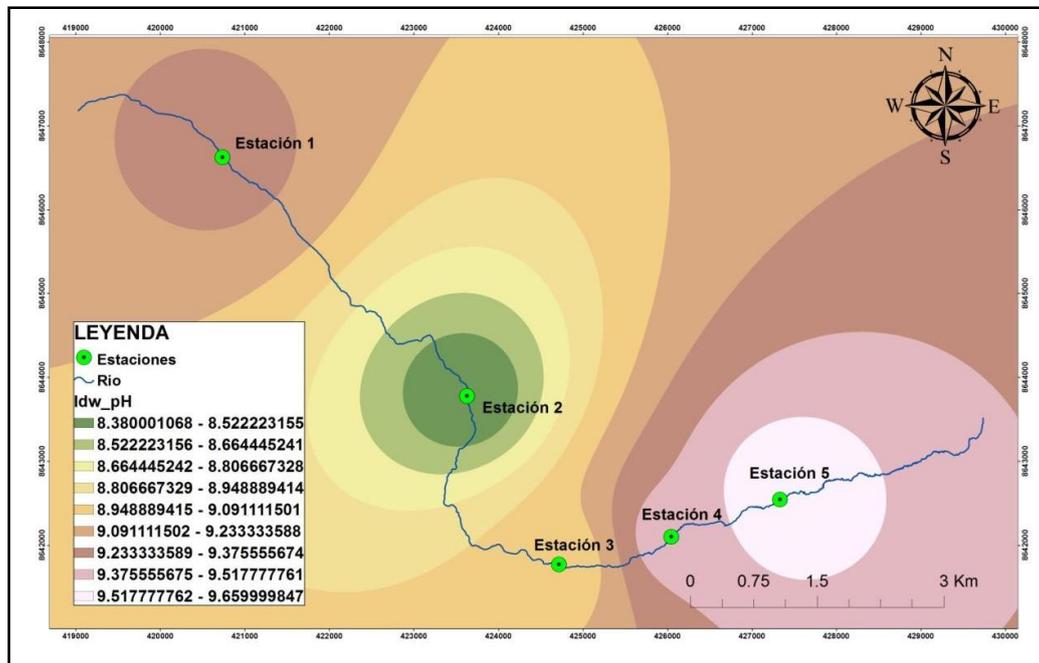


Figura 11. Software ArcGIS 10.3, interpolaciones de cada parámetro en ambas épocas de las cinco estaciones utilizando la herramienta IDW.

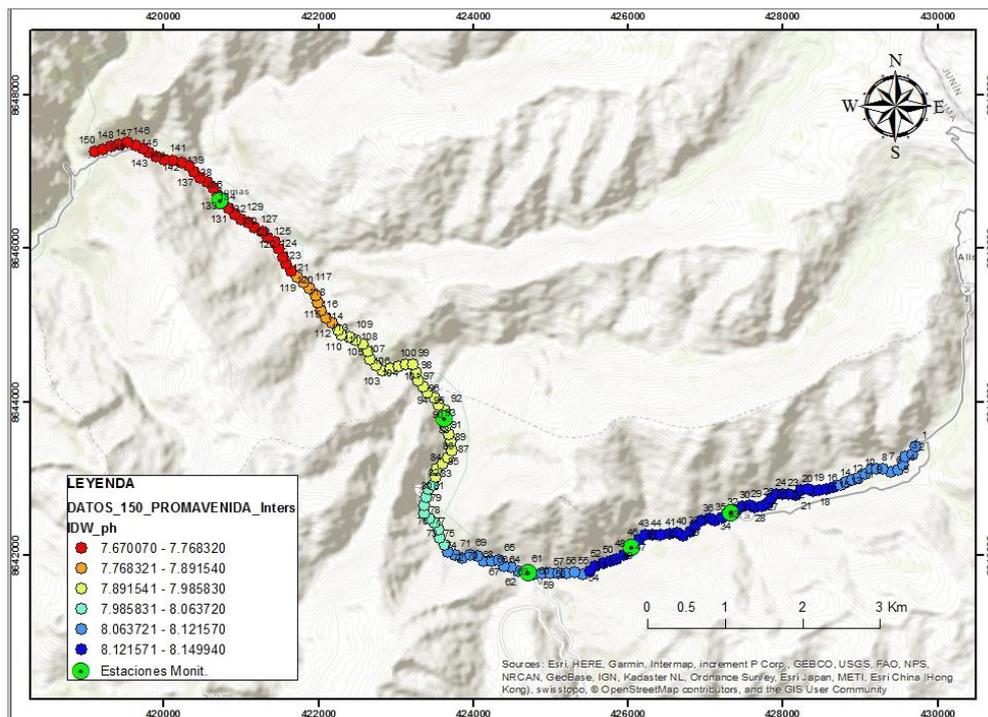
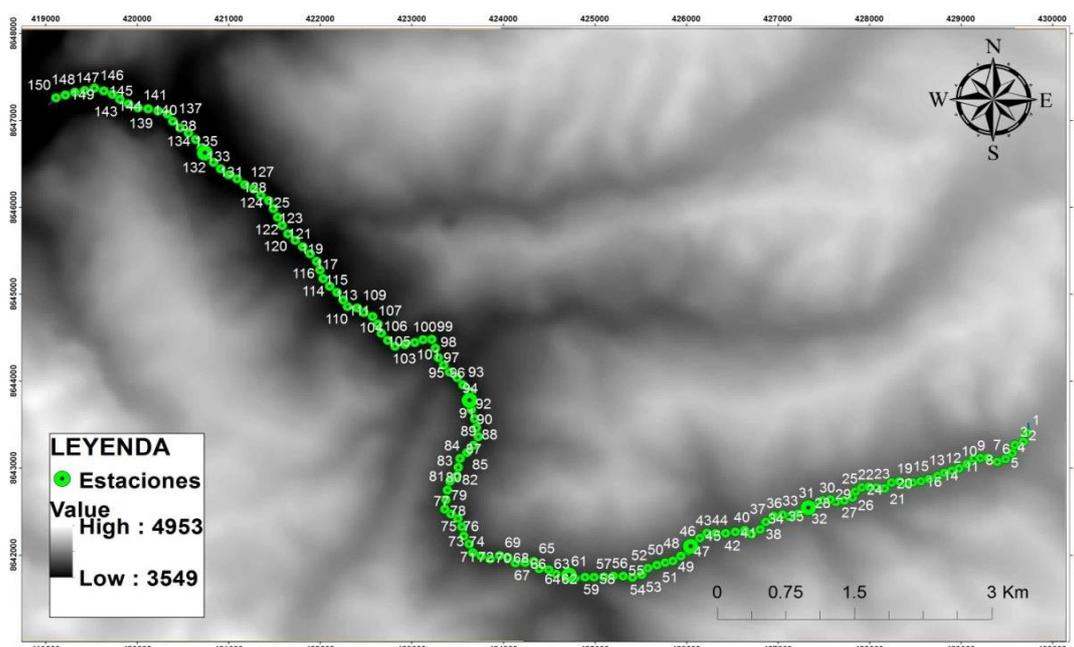


Figura 12. Rangos estimados de parámetros realizado por interpolaciones / método IDW

También se consideraron dentro de los parámetros a evaluar la elevación y pendiente. Para hallar la elevación (Figura 13), se utilizó como base el modelo de



elevación digital ASTER GDEM 2011, verificando las estaciones de monitoreo, con las tomas de puntos con GPS de navegación en campo.

Figura 13. Parámetro de elevación utilizando el modelo de elevación digital ASTER GDEM 2011.

Para hallar la pendiente se calculó según el modelo DEM (*digital elevation model*) calibrado con los puntos GPS, y se expresó en grados sexagesimales ($^{\circ}$), este proceso se realizó en la plataforma del software ArcGIS 10.3, con la herramienta *Spatial Analysis tools>> Surface>>Slope* como se observa en la Figura 14.

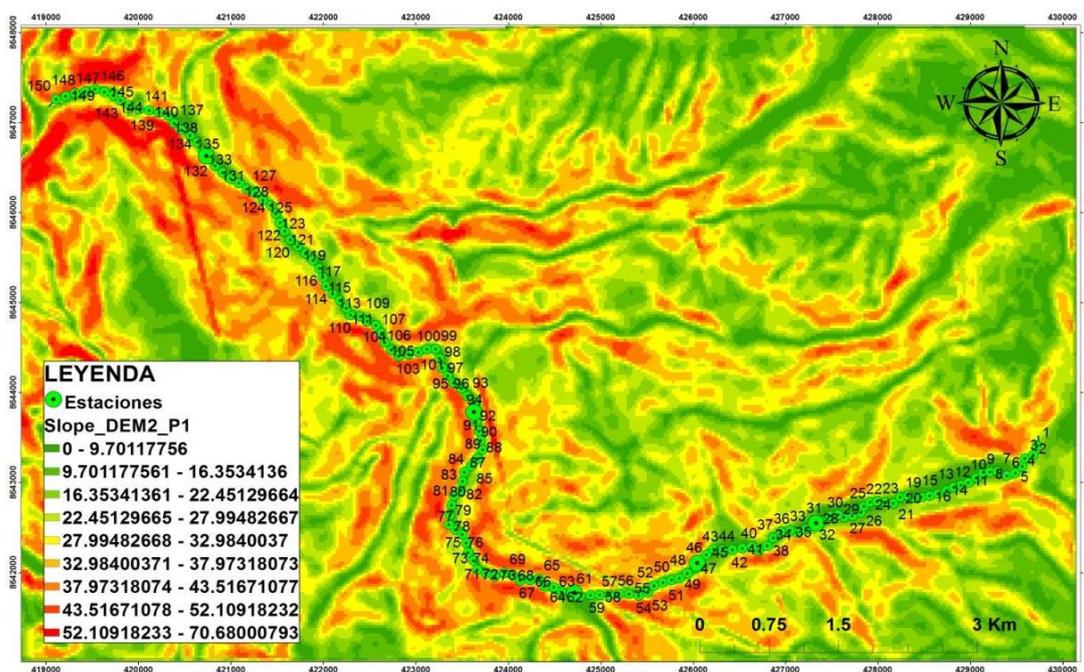


Figura 14. Parámetro de pendiente utilizando la herramienta *Spatial Analysis tools>> Surface>>Slope*.

5.5. Correlación entre las concentraciones de metales pesados y los parámetros complementarios

Con los resultados obtenidos del análisis de interpolación se extrajeron los parámetros interpolados correspondientes al área de estudio con la herramienta *Spatial Analysis tools>> Extract Muti Values to Points* utilizando las 150 estaciones generadas inicialmente, las cuales se exportaron a una tabla de datos donde se detallaron las estaciones y sus atributos correspondiente por cada parámetro como se observa en la Figura 15, con fines de ejecutar un análisis exploratorio correlacional entre parámetros, siendo seleccionado el método de correlación de Pearson a una significancia de 0.01, dada la naturaleza continua de los datos, este proceso se desarrolló en la plataforma de R, utilizando las librerías “*corrplot*”, “*xlxs*”, entre otras.

FID	Shape	OBJECTID	Idw pH	Idw Temper	Idw Conduc	Idw Oxygen	Idw Turbid	Idw Caudal	Idw Alumin	Idw Arseni	Idw Boro_1	Idw Bari_1	Idw B
0	Point	1	9.2191	5.28294	257.258	8.12362	2.13082	1.72273	0.0049	0.019	0.0019	0.017707	
1	Point	2	9.22294	5.26335	256.753	8.12084	2.14582	1.7511	0.0049	0.019	0.0019	0.017671	
2	Point	3	9.22701	5.24254	256.215	8.11787	2.1617	1.73997	0.0049	0.019	0.0019	0.017633	
3	Point	4	9.23078	5.22372	255.73	8.11515	2.17615	1.74802	0.0049	0.019	0.0019	0.017599	
4	Point	5	9.23637	5.20007	255.116	8.11175	2.19404	1.75807	0.0049	0.019	0.0019	0.017556	
5	Point	6	9.23995	5.17692	254.515	8.10837	2.21161	1.76794	0.0049	0.019	0.0019	0.017515	
6	Point	7	9.21538	5.30205	257.752	8.12631	2.11619	1.71459	0.0049	0.019	0.0019	0.017741	
7	Point	8	9.24433	5.15502	253.947	8.10514	2.22824	1.77729	0.0049	0.019	0.0019	0.017475	
8	Point	9	9.24927	5.13122	253.333	8.10155	2.24649	1.78751	0.0049	0.019	0.0019	0.017432	
9	Point	10	9.25401	5.10915	252.766	8.09814	2.26356	1.79704	0.0049	0.019	0.0019	0.017393	
10	Point	11	9.25828	5.08994	252.276	8.09511	2.27855	1.80539	0.0049	0.019	0.0019	0.017359	
11	Point	12	9.26234	5.07201	251.818	8.09224	2.2926	1.8132	0.0049	0.019	0.0019	0.017327	
12	Point	13	9.26618	5.05542	251.396	8.08955	2.30564	1.82045	0.0049	0.019	0.0019	0.017297	
13	Point	14	9.2699	5.03965	250.995	8.08693	2.31808	1.82737	0.0049	0.019	0.0019	0.017269	
14	Point	15	9.2734	5.02534	250.634	8.0844	2.32947	1.83358	0.0049	0.019	0.0019	0.017244	
15	Point	16	9.2763	5.01367	250.346	8.0825	2.33987	1.83878	0.0049	0.019	0.0019	0.017224	
16	Point	17	9.27845	5.00569	250.141	8.08105	2.34833	1.84244	0.0049	0.019	0.0019	0.01721	
17	Point	18	9.27974	5.00092	250.023	8.08017	2.34924	1.84458	0.0049	0.019	0.0019	0.017202	
18	Point	19	9.27992	5.00027	250.007	8.08005	2.34978	1.84488	0.0049	0.019	0.0019	0.017201	
19	Point	20	9.27876	5.00419	250.102	8.08082	2.34648	1.84308	0.0049	0.019	0.0019	0.017207	
20	Point	21	9.27617	5.01257	250.306	8.0825	2.33934	1.8392	0.0049	0.019	0.0019	0.017221	
21	Point	22	9.27183	5.02609	250.631	8.08531	2.32769	1.83289	0.0049	0.019	0.0019	0.017244	
22	Point	23	9.2659	5.04382	251.054	8.0891	2.31224	1.82455	0.0049	0.019	0.0019	0.017274	
23	Point	24	9.25775	5.06706	251.603	8.09427	2.29166	1.81349	0.0049	0.019	0.0019	0.017312	
24	Point	25	9.24809	5.0935	252.223	8.10034	2.26798	1.80078	0.0049	0.019	0.0019	0.017356	
25	Point	26	9.23514	5.12688	252.992	8.10838	2.23742	1.78449	0.0049	0.019	0.0019	0.01741	
26	Point	27	9.22034	5.16318	253.819	8.1175	2.20365	1.76655	0.0049	0.019	0.0019	0.017468	
27	Point	28	9.20404	5.20011	254.638	8.12735	2.16816	1.74788	0.0049	0.019	0.0019	0.017526	
28	Point	29	9.18459	5.24106	255.524	8.13893	2.12764	1.72672	0.0049	0.019	0.0019	0.017588	
29	Point	30	9.16348	5.28237	256.395	8.15134	2.08552	1.7049	0.0049	0.019	0.0019	0.01765	
30	Point	31	9.13863	5.3273	257.313	8.16576	2.03822	1.68057	0.0049	0.019	0.0019	0.017716	
31	Point	32	9.11051	5.37383	258.231	8.182	1.98749	1.65462	0.0049	0.019	0.0019	0.017781	
32	Point	33	9.08086	5.41778	259.064	8.1989	1.93718	1.62942	0.0049	0.019	0.0019	0.017839	

Figura 15. Tabla de datos de las 150 estaciones de monitoreo y sus atributos por cada parámetro.

5.6. Descripción de la variación espacio-temporal de metales pesados y los parámetros seleccionados

De la información procesada se realizó una descripción e interpretación del comportamiento de los parámetros tanto en el tiempo y el espacio en que se encuentran, de acuerdo a los resultados hallados en los acápite antes desarrollados.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Parámetros *in situ*

En la Tabla 8, se muestran los valores mínimos, máximos y el promedio de los parámetros *in situ* evaluados en la época de estiaje (meses entre junio y agosto) donde puede observarse que los valores mínimos, máximos y el promedio de pH están superando el valor ECA permitido.

Tabla 8. Valores promedio de los parámetros de campo evaluados en agua en época de estiaje.

Parámetros	Unidades	Valores Mínimos	Valores Máximos	Promedio	ECA	
					ECA Categoría 3 Riego de vegetales	Categoría 3 Bebida de animales
pH	Unidades	8.38	10.26	9.20	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Temperatura	°C	3.58	10.6	6.19	Δ 3	Δ 3
Conductividad eléctrica (CE)	μS/cm	190	455	301.56	2500	5000
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.27	9.3	7.78	≥ 4	≥ 5
Turbiedad	NTU	0.31	28.9	3.424	-	-
Caudal	m ³ /seg	0.179	2.381	1.41	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2018.

 Valor que supera el ECA. Categoría 3. Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

En la Tabla 9, se muestran los valores mínimos, máximos y el promedio de los parámetros *in situ* evaluados en la época de avenida (meses entre diciembre y febrero) donde no se observan valores que superen los ECA permitidos. Sin embargo, si se nota una diferencia con relación a la época anterior, pues en época de avenida se normaliza el pH, aumentan la T° y turbiedad, y se duplica el caudal.

Tabla 9. Valores promedio de los parámetros de campo evaluados en agua en época de avenida.

Parámetros	Unidades	Valores Mínimos	Valores Máximos	Promedio	ECA	
					ECA Categoría 3 Riego de vegetales	Categoría 3 Bebida de animales
pH	Unidades	7.3	8.5	7.99	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Temperatura	°C	6.08	11.8	8.84	Δ 3	Δ 3
Conductividad eléctrica (CE)	μS/cm	252.6	445	316.05	2500	5000

Oxígeno						
Disuelto	mg/L	5.8	8.4	7.04	≥ 4	≥ 5
Turbiedad	NTU	1.14	12.82	6.55	-	-
Caudal	m ³ /seg	0.75	4.90	3.05	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2018.

 Valor que supera el ECA. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales.

6.1.1. pH

En la Figura 16 se observa la variación de pH en época de estiaje, todas las estaciones en todos los meses a excepción de la estación E2 en el mes de Agosto, sus valores se encuentran fuera del rango del ECA Categoría 3. Riego de Vegetales y Bebida de Animales. El valor promedio de pH es 9.20 unidades.

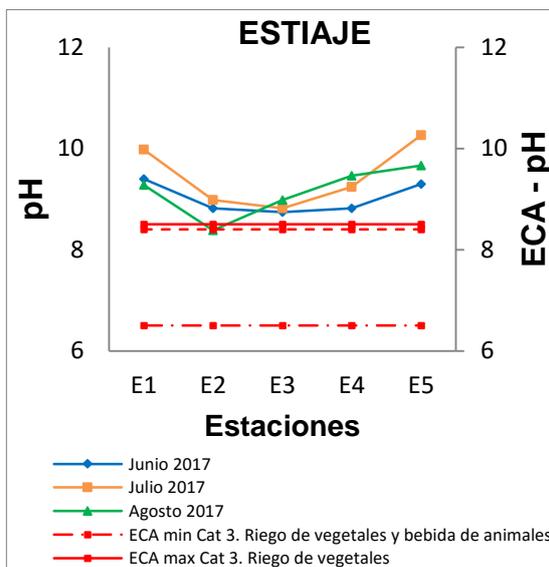


Figura 16. Variación de pH en época de estiaje

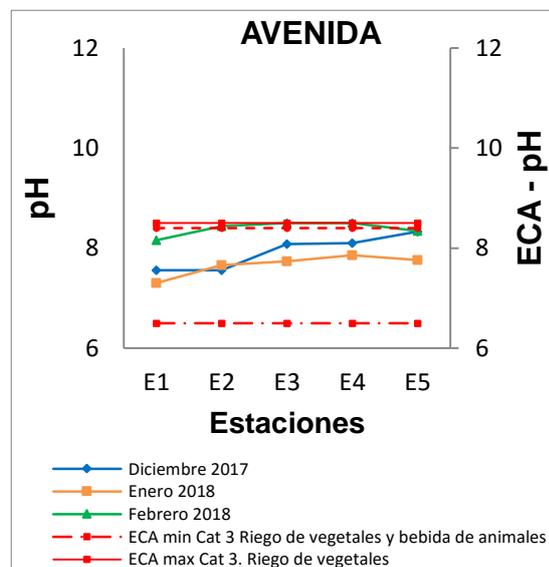


Figura 17. Variación de pH en época de avenida

En la Figura 17, se observa en la época de avenida que las estaciones E2, E3 y E4 en el mes de Febrero, los valores de pH se encuentran fuera del rango del ECA Categoría 3. Bebida de animales. El valor promedio de pH es 7.99 unidades. En la época de estiaje se registró un pH muy alcalino en todas las estaciones, esto se debería a las características geológicas de la zona por la presencia de bicarbonato, originado por el lavado de las rocas calizas presentes en mi área de estudio, este lavado hace que el carbonato que contienen estas rocas pasen al agua directamente, aumentando significativamente el valor del pH (Baird & Cann, 2012). Estos resultados son corroborados por Pérez y Rodríguez (2008) quienes

refieren que la tendencia hacia la alcalinidad estaría relacionada con las condiciones edáficas por la que atraviesa la corriente.

Sin embargo, en la época de avenida que reciben una precipitación abundante, la mayoría de los carbonatos expuestos y disponibles se han disuelto y han sido lavados a lo largo del tiempo (Garbagnati et al.2005). Por otro lado, el aporte de ácidos que naturalmente pueden acceder a un medio hídrico por arrastre en época de avenida podría acidificarlo; por ejemplo, los ácidos húmicos (ácidos débiles) provenientes de la mineralización de la materia orgánica (Anillo et al.2013).

En la Figura 18, se observa como varia cada estación con referente al Ph en los meses evaluados.

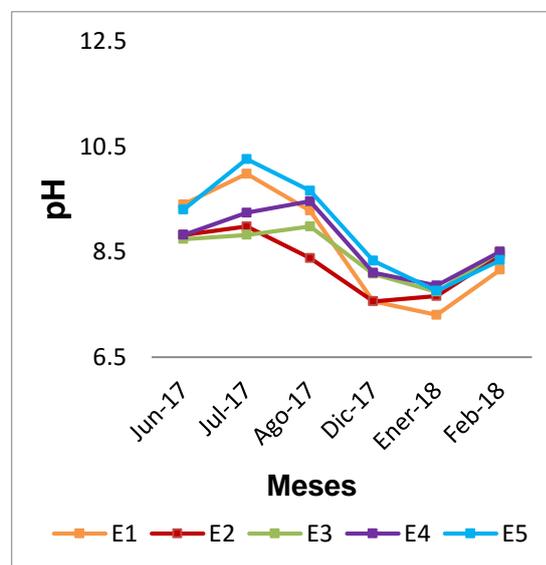


Figura 18. Variación de pH vs estaciones en el tiempo

Se evidenció un mayor aumento en la estación E5 en todos los meses evaluados, dicha estación se encuentra en la parte alta de la microcuenca en donde existe

presencia de vegetación acuática (algas); el bicarbonato y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay actividad fotosintética de algas, por ende el bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad (Fuentes, 2002).

Bejarano et al. (2003) describen que la actividad fotosintética en agua es más abundante en estiaje, por lo que según Marín (2003) nos menciona que la actividad fotosintética en aguas superficiales reduce el contenido de CO₂, en donde se hallan valores de pH más altos.

6.1.2. Temperatura

En las Figuras 19 y 20 se muestran los valores de la temperatura referente a las estaciones en las diferentes épocas, se observa que el valor promedio de la temperatura en época de estiaje es 6.19°C y en época de avenida es 8.84°C, quiere decir que no se ha tenido variaciones bruscas de temperatura en las dos épocas del año.

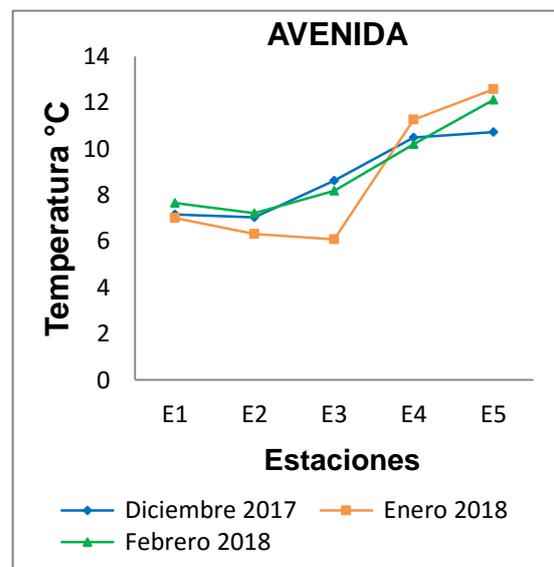
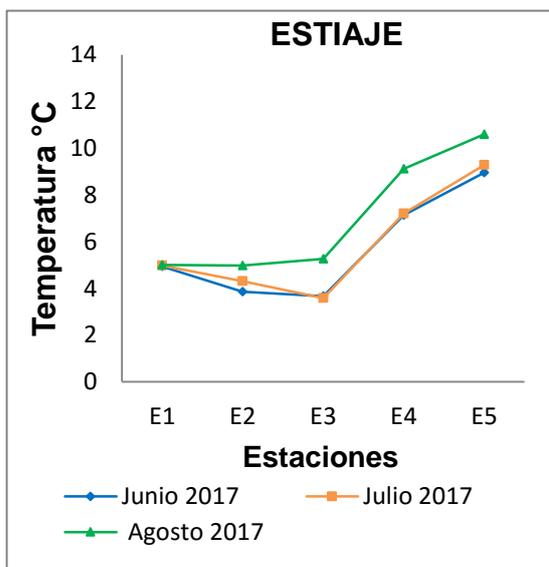


Figura 20. Variación de Temperatura en época de estiaje

Figura 19. Variación de Temperatura en época de avenida

Se observa en las figuras 19 y 20, la temperatura tiene un incremento

natural con el aumento de la altitud y la hora del día en que se tomaron las muestras, las estaciones se midieron a la misma hora todos los meses, se inició con la estación E1 (parte baja) a las 6 am y se concluyó a las 12 pm con la estación E5 (parte alta) teniendo en cuenta la radiación solar y la temperatura ambiental que aumentaba en el transcurso del monitoreo.

La temperatura es mayor en época de avenida que estiaje, diferenciándose en más de 1°C, corroborando lo descrito por la investigación de Correa y Ortega (2010), quienes mencionan que estas diferencias pueden ser atribuidas a muchos factores al momento de los muestreos, por ejemplo la diferencia de tiempos meteorológicos, y por ende las diferencias de radiación solar y temperatura ambiental.

6.1.3. Conductividad eléctrica

En las Figuras 21 y 22 se muestran los valores de la conductividad eléctrica en las estaciones de muestreo en época de estiaje y avenida. En ambas épocas, los valores de CE se encuentran de acuerdo a los valores del ECA-agua Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales. En época de estiaje el valor promedio de la CE es 301.56 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en época de avenida es 316.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

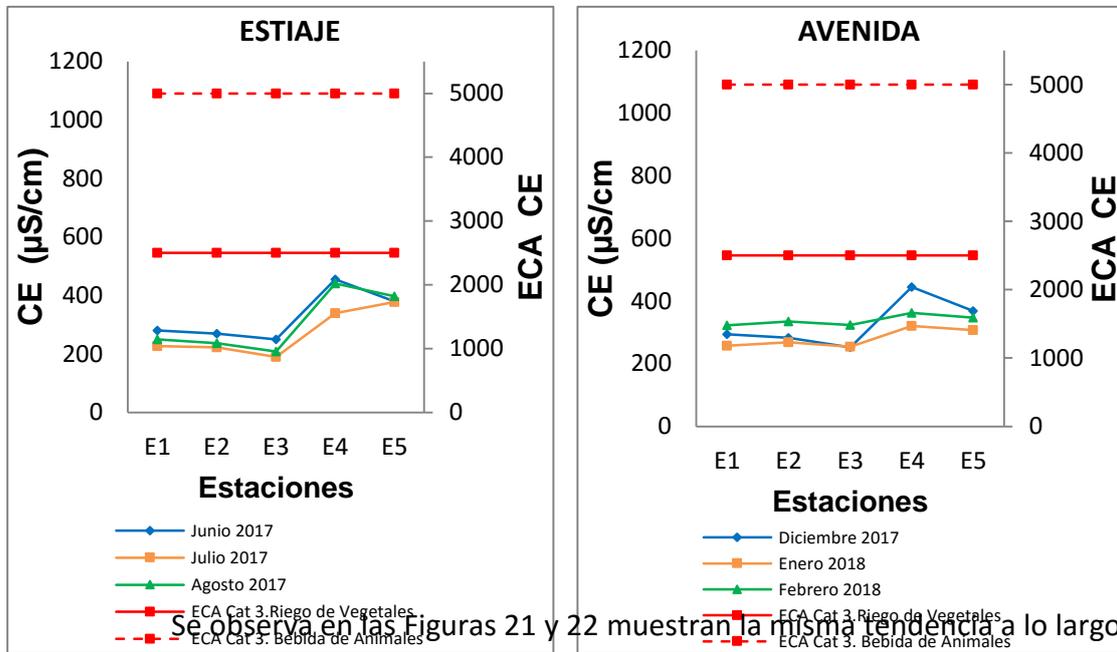


Figura 22. Variación de CE en época de estiaje

Figura 21. Variación de CE en época de avenida

de la zona de estudio, en las partes altas inicia con concentraciones mayores, a medida que avanza cuesta abajo se observa una disminución de las concentraciones, siendo mayor durante la época de avenida o época lluviosa por efecto de las precipitaciones de esta época. La escorrentía causada por las lluvias arrastra consigo las sales del suelo como el magnesio, calcio, sodio y potasio que son estos minerales los que conducen mejor la electricidad, llegando al río. Campos (2006) afirma que los niveles de menor conductividad se dan durante la época de estiaje, el agua recibe menos minerales (no se registra significativo arrastre de sedimentos) porque las lluvias son escasas y el agua solo corre a lo largo de su lecho produciendo una baja conductividad.

En la Figura 23 se observa como varia cada estación con referente a la CE en los meses evaluados.

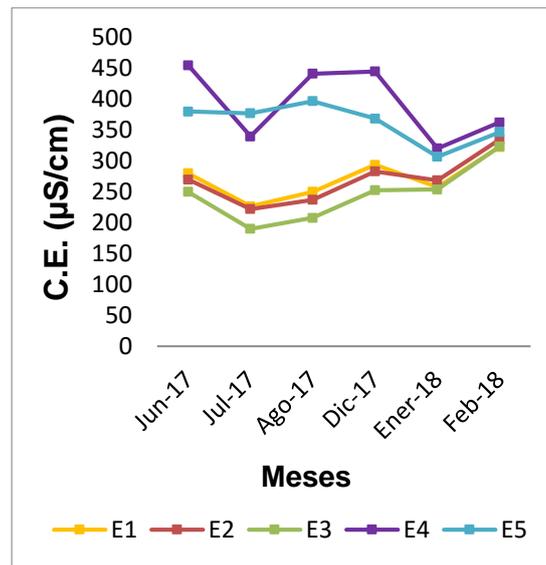


Figura 23. Variación de C.E vs estaciones en el tiempo

Se observa en la estación E4 y E5 (parte alta), tienen una mayor conductividad en comparación a las demás estaciones en todos los meses evaluados, así mismo se observa una relación entre la conductividad eléctrica y la temperatura con respecto a la elevación, también observado por Ocasio (2008) quién refiere que la conductividad eléctrica puede ser afectada por la temperatura o el material de composición del lecho del río y que un aumento de temperatura puede causar un aumento de número de iones en disolución, debido a la disociación de moléculas. En los resultados de laboratorio por el método ICP-OES, se evidenció una mayor concentración de magnesio y bario en las partes altas, las cuales serían causa probable de una mayor conductividad eléctrica, debido a la disolución de sales presentes en rocas calizas y diorita presentes en el recorrido del río.

6.1.4. Oxígeno disuelto

En las Figuras 23 y 24 se observa que en todas las estaciones y épocas de muestreo, las concentraciones de OD se encuentran de acuerdo a los valores del ECA Categoría 3. En época de estiaje el valor promedio fue de 7.78 mg/L y en época de avenida de 7.04 mg/L.

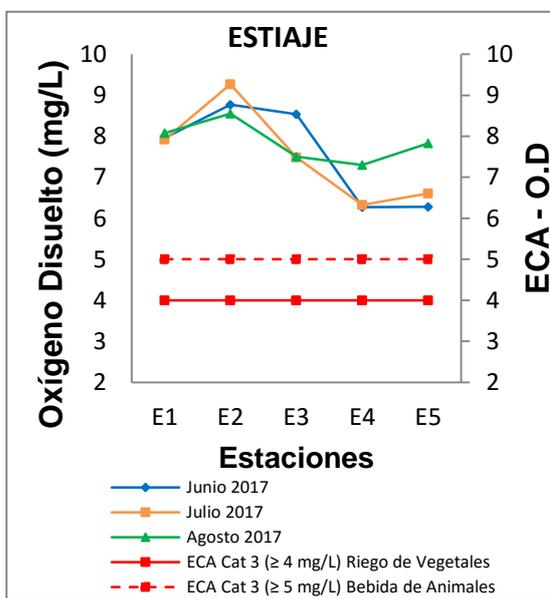


Figura 24. Variación de OD en época de estiaje

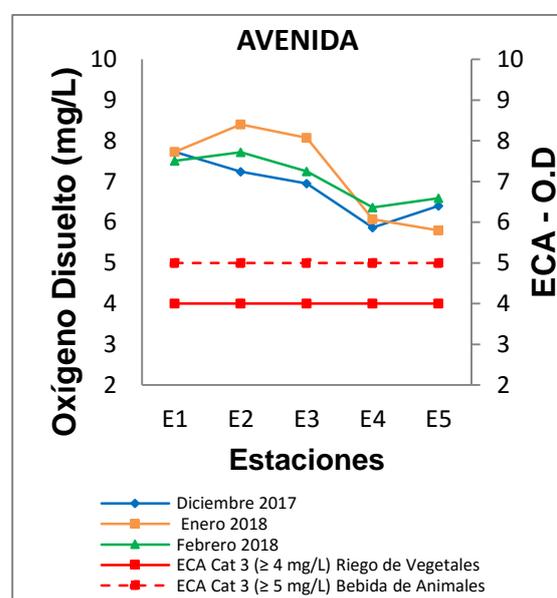


Figura 25. Variación de OD en época de avenida

En las Figuras 24 y 25, se observa la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, en las partes altas inicia con concentraciones menores, a medida que avanza se observa un aumento de las concentraciones, siendo mayor durante la época de estiaje.

Los resultados obtenidos son corroborados por Correa y Ortega (2010) quienes señalan que los niveles de oxígeno disuelto son ligeramente mayores en la época de estiaje que en avenida. En forma similar, pero con resultados más

marcados, Torres et al. (2003) describen que en estiaje el oxígeno disuelto es considerablemente mayor que en avenida, este resultado es atribuible a las formas vegetales fotosintéticas que oxigenan el agua y son más abundantes en estiaje.

En la Figura 26, se observa como varia cada estación con referente al OD en los meses evaluados.

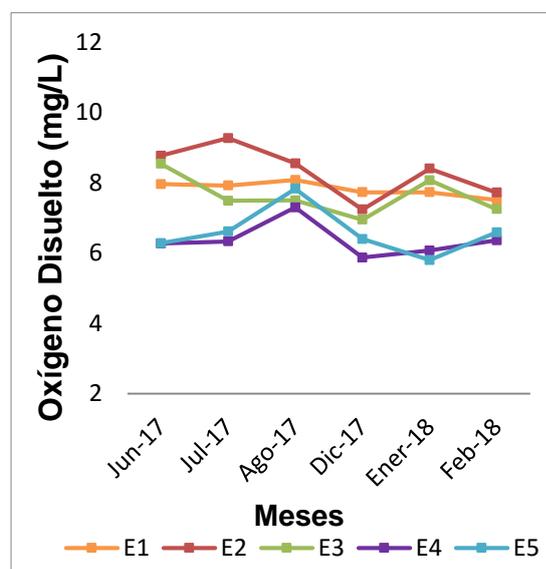


Figura 26. Variación de OD vs estaciones en el tiempo

Cabe resaltar que se encontraron condiciones bajas en las estaciones E4 y E5 (aguas arriba), como se mencionó anteriormente en estaciones aguas arriba la temperatura del agua es mayor y el contenido de OD estaría correlacionado negativamente con la temperatura, lo cual también es reportado por Roldán (2003) que afirma que a mayor temperatura menor será la cantidad de OD en el agua, debido a la liberación de éste al medio ambiente y la aceleración de los procesos biológicos que consumen OD. Por lo tanto, un aumento considerable de temperatura en el ambiente podría disminuir significativamente el oxígeno

disuelto en un cuerpo de agua. En la estación E1 y E2 existe un aumento del oxígeno disuelto, probablemente por efecto del flujo turbulento del río.

6.1.5. Turbiedad

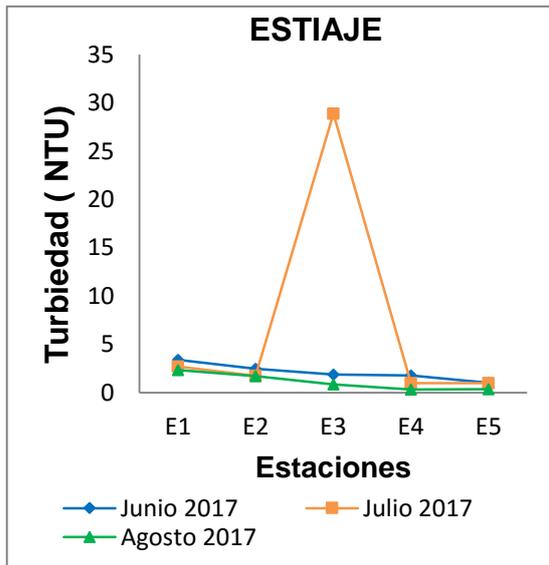


Figura 28. Variación de turbiedad en época de estiaje

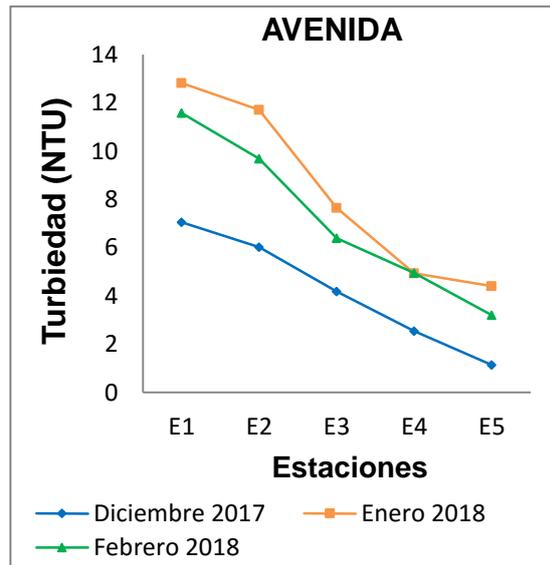


Figura 27. Variación de turbiedad en época de avenida

En las Figuras 27 y 28 se muestran los valores de la turbiedad en las estaciones de muestreo, en las diferentes épocas donde se puede observar que el valor promedio de turbiedad en época de estiaje es 3.424 NTU y en época de avenida es 6.55 NTU. La variación de turbiedad en las Figuras 27 y 28 corrobora la tendencia decreciente de la estación E1 (aguas abajo) a la estación E5 (aguas arriba), en esta última por ser cuenca alta se observó una disminución de la concentración de turbiedad en sus aguas. Cabe resaltar que en el mes de julio (época de estiaje) en la estación E3 se observó un aumento de turbiedad, debido que se estuvo realizando trabajos de limpieza en el cauce del río por parte de la municipalidad de la zona, aguas arriba de dicha estación.

Mientras mayor sea el volumen del agua (época de avenida), mayor será su turbiedad, debido a las precipitaciones más abundantes que se dan en esta época, que arrastra minerales provenientes de los suelos y rocas, que en muchos casos se encuentran cubiertas de materia orgánica, estas conforman la mayor cantidad de sólidos totales suspendidos en las aguas superficiales.

En la Figura 29, se observa como varía la turbiedad en cada estación con referente la turbiedad en los meses evaluados.

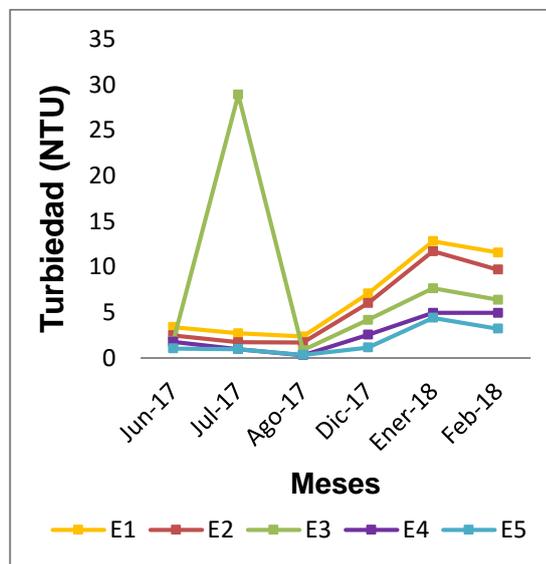


Figura 29. Variación de turbiedad vs estaciones en el tiempo

Se observa en la estación E1 y E2 un ligero aumento de turbiedad, siendo más notorio en la época de avenida, lo que puede originarse por el aporte de aguas residuales industriales de la Unidad Minera Yauricocha y aguas residuales domésticas de la comunidad Huancachi (sistema de tratamiento por infiltración, evidenciándose un sistema con falta de mantenimiento, inoperativo y colapsado), por lo que serían arrastrados al río Tinco conteniendo diferentes sustancias en suspensión.

6.1.6. Caudal

En las Figuras 30 y 31 se observan el caudal (m³/s) en ambas épocas. En la época de estiaje el valor promedio que registró el caudal fue de 1.41 m³/s y en avenida de 3.05 m³/s.

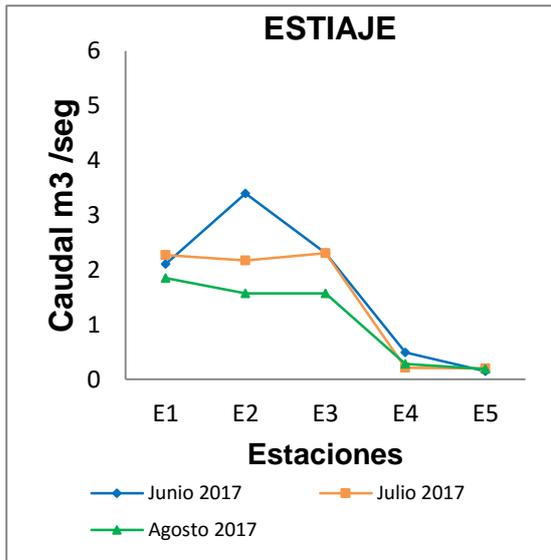


Figura 30. Variación de caudal en época de estiaje

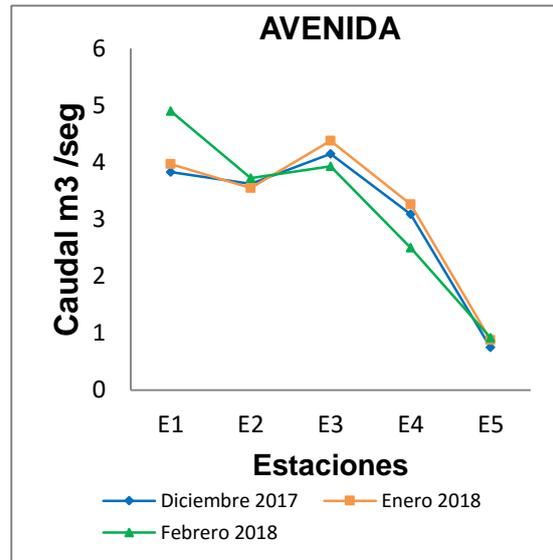


Figura 31. Variación de caudal en época de avenida

Se observa en las Figuras 30 y 31 la variación del caudal por épocas, corroborando la tendencia decreciente de la estación E1 (aguas abajo) a la estación E5 (aguas arriba), esto guarda relación con la precipitación promedio mensual de la región (Figura 1).

6.2. Metales totales

Las Tablas 10 y 11 muestran las concentraciones mínimas, máximas y promedio de los Metales Totales analizados en época de estiaje y avenida respectivamente. Como puede observarse ningún metal o metaloide sobrepasa los valores ECA-agua categoría 3.

Tabla 10. Valores promedio de los metales totales evaluados en agua en la época de estiaje.

Parámetros	Unidad	Valores		Promedio	Límite de Detección	ECA	ECA
		Mínimos	Máximos			Categoría 3	Categoría 3
						Riego de vegetales	Bebida de animales
Aluminio(Al)	mg/L	0.0049	1.435	0.1095	0.005	5	5
Arsénico(As)	mg/L	0.019	0.06	0.0217	0.02	0.1	0.2
Boro(B)	mg/L	0.0019	0.005	0.0023	0.002	1	5
Bario(Ba)	mg/L	0.0162	0.0321	0.0227	0.0006	0.7	**
Berilio(Be)	mg/L	0.0059	0.0059	0.0059	0.006	0.1	0.1
Cadmio(Cd)	mg/L	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.01	0.05
Cobalto(Co)	mg/L	0.0029	0.0029	0.0029	0.003	0.05	1
Cromo(Cr)	mg/L	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.1	1
Cobre(Cu)	mg/L	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.2	0.5
Hierro(Fe)	mg/L	0.0059	0.884	0.1258	0.006	5	**

Metales totales ICP - OES

Litio(Li)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	2.5	2.5
Magnesio(Mg)	mg/L	7.06	29.75	14.895	0.01	**	250
Manganeso(Mn)	mg/L	0.00079	0.1159	0.0583	0.0008	0.2	0.2
Níquel(Ni)	mg/L	0.0059	0.0059	0.0059	0.006	0.2	1
Plomo(Pb)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	0.05	0.05
Selenio(Se)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	0.02	0.05
Zinc(Zn)	mg/L	0.0009	0.031	0.0067	0.001	2	24

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe de ensayo N° 26144, 32648 y 39299/2017 del laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C (Acreditado por INACAL).

 Valor que supera el ECA Categoría 3. Riego de vegetales y bebidas de animales.

Tabla 11. Valores promedio de los metales totales evaluados en agua en la época de avenida.

	Parámetros	Unidad	Valores		Valores Promedio	Límite de Detección	ECA	ECA
			Mínimos	Máximos			Categoría 3	Categoría 3
							Riego de vegetales	Bebida de animales
Metales totales ICP - OES	Aluminio(Al)	mg/L	0.0049	0.153	0.0277	0.005	5	5
	Arsénico(As)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	0.1	0.2
	Boro(B)	mg/L	0.0019	0.016	0.0059	0.002	1	5
	Bario(Ba)	mg/L	0.0186	0.0337	0.0254	0.0006	0.7	**
	Berilio(Be)	mg/L	0.0059	0.0059	0.0059	0.006	0.1	0.1
	Cadmio(Cd)	mg/L	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.01	0.05
	Cobalto(Co)	mg/L	0.0029	0.0029	0.0029	0.003	0.05	1
	Cromo(Cr)	mg/L	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.1	1
	Cobre(Cu)	mg/L	0.0019	0.0019	0.0019	0.002	0.2	0.5
	Hierro(Fe)	mg/L	0.0059	0.217	0.0744	0.006	5	**

Litio(Li)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	2.5	2.5
Magnesio(Mg)	mg/L	7.69	28.91	13.164	0.01	**	250
Manganeso(Mn)	mg/L	0.00079	0.0972	0.0249	0.0008	0.2	0.2
Níquel(Ni)	mg/L	0.0059	0.0059	0.0059	0.006	0.2	1
Plomo(Pb)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	0.05	0.05
Selenio(Se)	mg/L	0.019	0.019	0.019	0.02	0.02	0.05
Zinc(Zn)	mg/L	0.0009	0.032	0.0072	0.001	2	24

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe de ensayo N° 26144, 32648 y 39299/2017 del laboratorio ALS-LS PERÚ S.A.C (Acreditado por INACAL).

 Valor que supera el ECA Categoría 3. Riesgo de vegetales y bebidas de animales.

6.2.1. Aluminio (Al)

En las Figuras 32 y 33, se observa que las concentraciones de Aluminio total en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del ECA (5mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).

En época de estiaje el valor promedio de Al es 0.1094 mg/L y en época de avenida es 0.0277 mg/L.

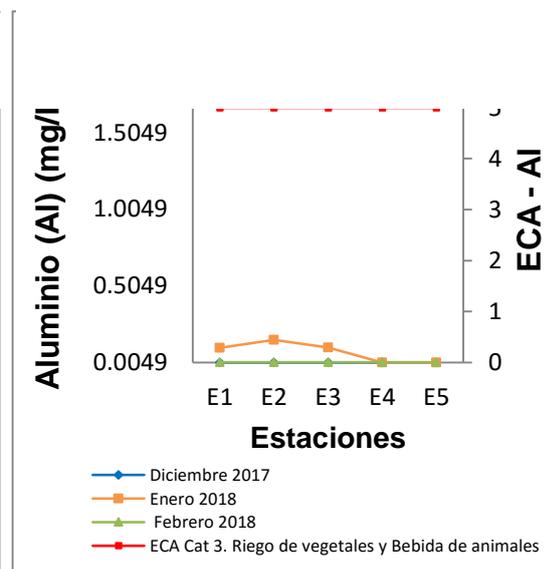
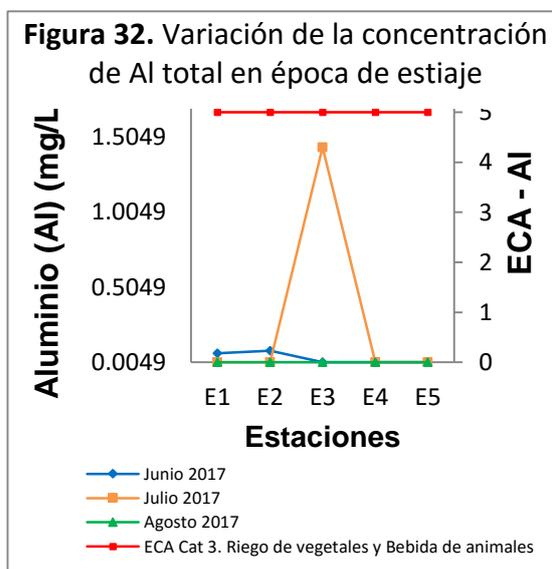


Figura 33. Variación de la concentración de Al total en época de avenida

En la Figura 34 se observa como varia cada estación con referente al Aluminio (Al) total en los meses evaluados.

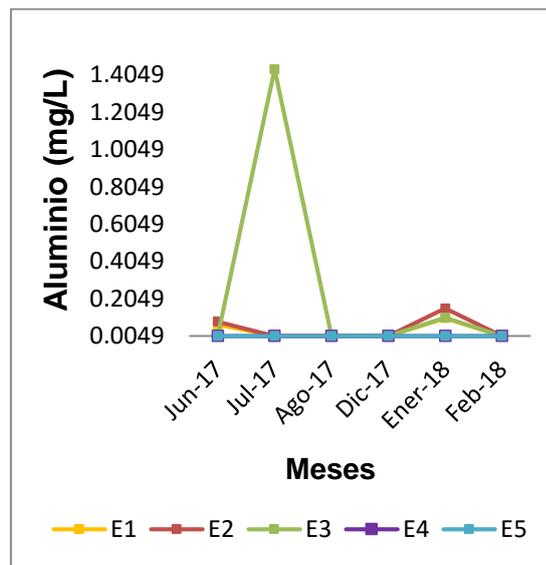


Figura 34. Variación de la concentración de Al total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 32 y 33 que muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, en las partes altas inicia con concentraciones bajas constantes, a medida que avanza se ve un mayor incremento en el mes de julio (época de estiaje), en las partes bajas se observa un aumento mínimo constante en ambas épocas.

En la Figura 34, se observa un incremento en la concentración de aluminio en la E2 y E3, evidenciándose un mayor aumento en la E3 en el mes de Julio, esto podría deberse a que se estuvo realizando limpieza en el cauce del río por parte de la municipalidad aguas arriba de dicha estación, lo estaría ocasionando la remoción de minerales como feldespatos y piroxenos, provenientes de las rocas granodiorita, diorita y tonalita presentes en esta zona, dichos minerales son ricos en aluminio y hierro (Marín, 2003). Entre los metales más abundantes se encuentra el aluminio, proveniente de procesos de erosión de la corteza terrestre y de algunos procesos industriales (Orozco et al., 2003).

6.2.2. Arsénico (As)

En las Figuras 35 y 36, se observa que las concentraciones de Arsénico total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del ECA (0.1 mg/L) Categoría 3 (Riego de Vegetales) y ECA (0.2 mg/L) Categoría 3 (Bebida de Animales). En época de estiaje el valor promedio del As es 0.0217 mg/L y en época de avenida es 0.0190 mg/L.

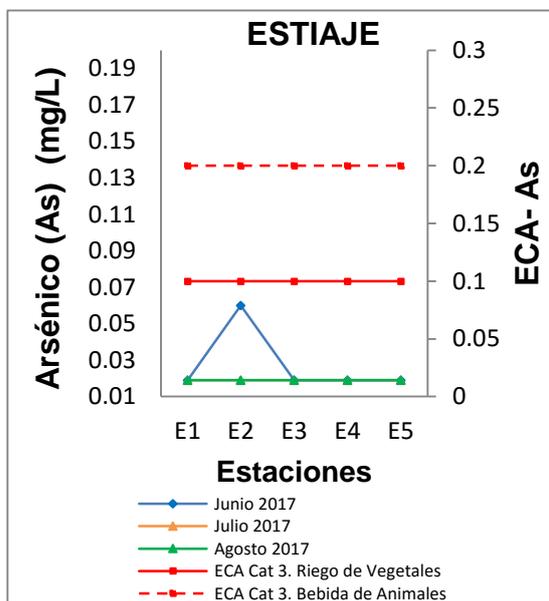


Figura 35. Variación de la concentración de As total en época de estiaje

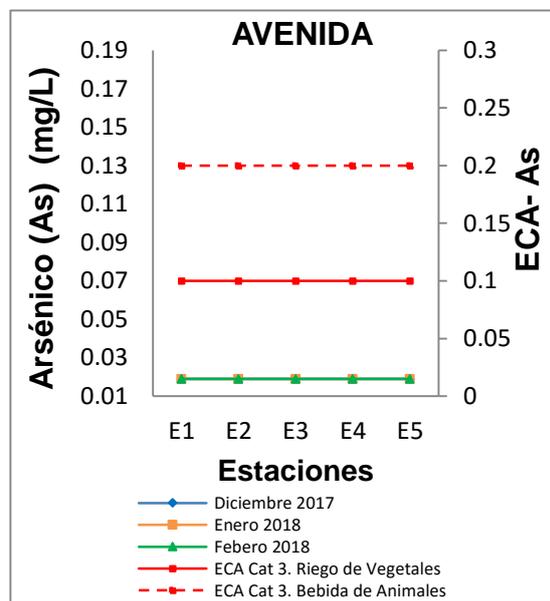


Figura 36. Variación de la concentración de As total en época de avenida

En la Figura 37, se observa como varia cada estación con referente al Arsénico (As) total en los meses evaluados.

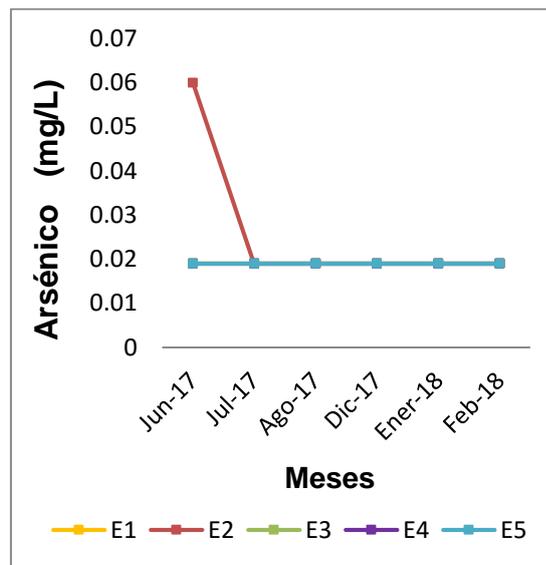


Figura 37. Variación de la concentración de As total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 35 y 36 que muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, conforme avanza el cauce del río en todas las estaciones las concentraciones de As en época de estiaje y avenida tienen la misma concentración que es < 0.02 mg/L, a excepción del mes de junio (época de estiaje) existe un aumento en la estación E2.

En la Figura 37, se observa el incremento en dicha estación E2, podría deberse a que dicha estación se encuentra aguas abajo del vertimiento de la minera Yauricocha.

El As está vinculado básicamente a dos tipos de fuentes: las consideradas por un lado como fuentes naturales, en las que se encuentran inmersos la erosión y lixiviación de suelos y rocas, actividad biológica y emisiones volcánicas, por otro lado las consideradas como fuentes antrópicas tales como la fundición de metales, industria minera, los procesos industriales, aplicación de fertilizantes, uso de combustibles fósiles, etc. (Duker et al., 2005).

6.2.3. Boro (B)

En las Figuras 38 y 39, se observa que las concentraciones de Boro total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran dentro del rango del ECA (1 mg/L) (Categoría 3: Riego de vegetales) y ECA (5 mg/L) (Bebida de animales). En época de estiaje el valor promedio del B es 0.0023 mg/L y en época de avenida es 0.0059 mg/L.

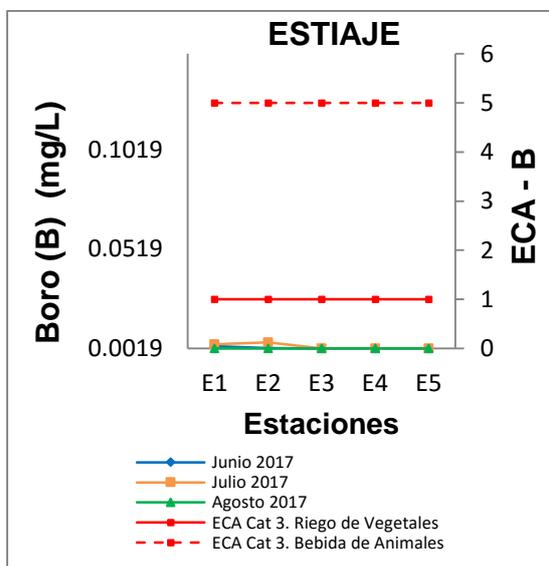


Figura 38. Variación de la concentración de B total en época de estiaje

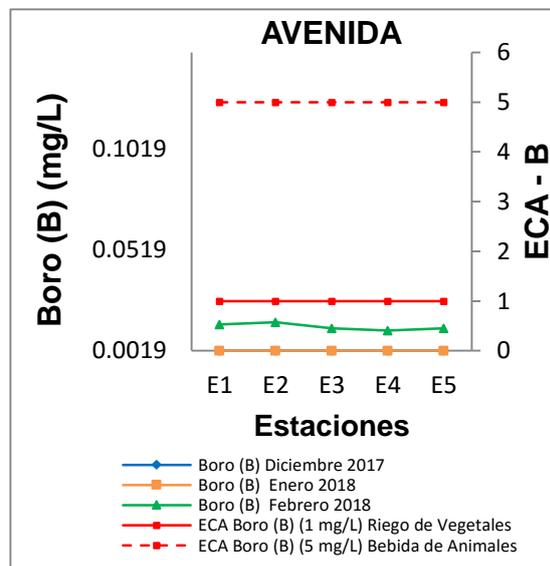


Figura 39. Variación de la concentración de B total en época de avenida

En la Figura 40, se observa como varia cada estación con referente al Boro (B) Total en los meses evaluados.

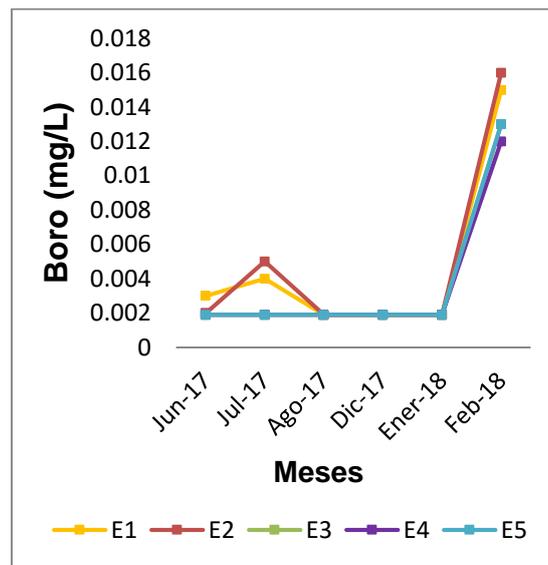


Figura 40. Variación de la concentración de B total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 38 y 39 que muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, en las partes altas en el mes de febrero inicia con concentraciones altas constantes, a medida que avanza esta se mantiene constante y en las partes bajas se observa un incremento mínimo de la concentración.

En la Figura 40, se observa que en la mayoría de las estaciones no existe mucha variación durante los meses de evaluación. Sin embargo, en el mes de febrero (época de avenida) alcanza la mayor concentración de boro en todas las estaciones. Este comportamiento podría deberse a que el boro es un componente natural de las aguas continentales derivadas de la erosión de las rocas y lixiviación del suelo, acción volcánica y otros procesos naturales. No obstante, las industrias y las aguas residuales domésticas también contribuyen con boro a las aguas superficiales con concentraciones bajas (a las que accede por su utilización en ciertos detergentes) (Chapman, 1996).

6.2.4. Bario (Ba)

En las Figuras 41 y 42 las concentraciones de Bario total registrados en

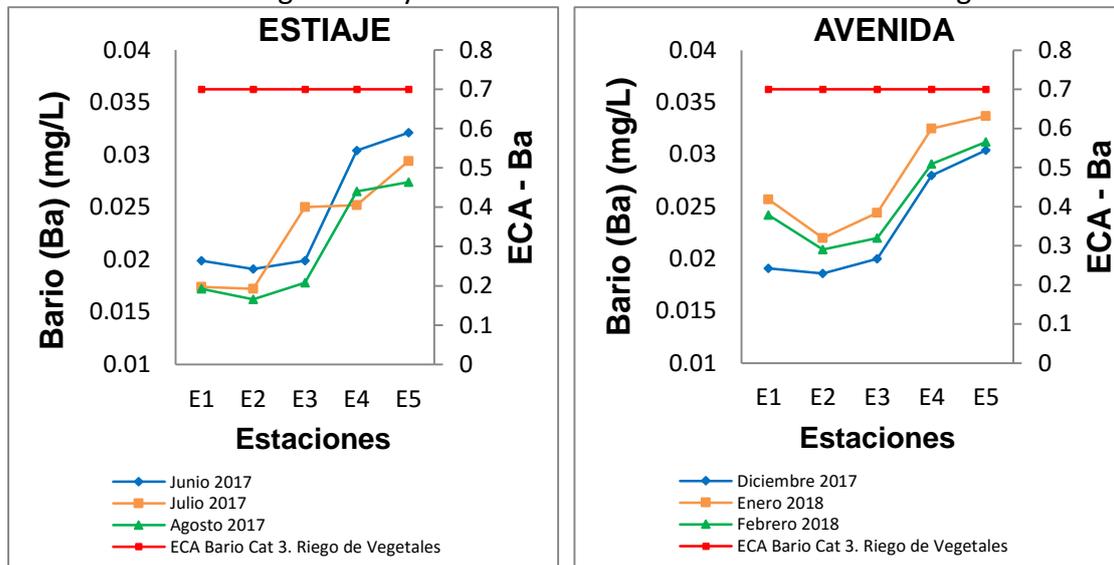


Figura 41. Variación de la concentración de Ba total en época de estiaje

Figura 42. Variación de la concentración de Ba total en época de avenida

todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del valor del ECA (0.7 mg/L) Categoría 3 (Riego de Vegetales). En época de estiaje el valor promedio de Ba es 0.0227 mg/L y en época de avenida es 0.0255 mg/L.

En la Figura 43, se observa como varia cada estación con referente al Bario (Ba) total en los meses evaluados.

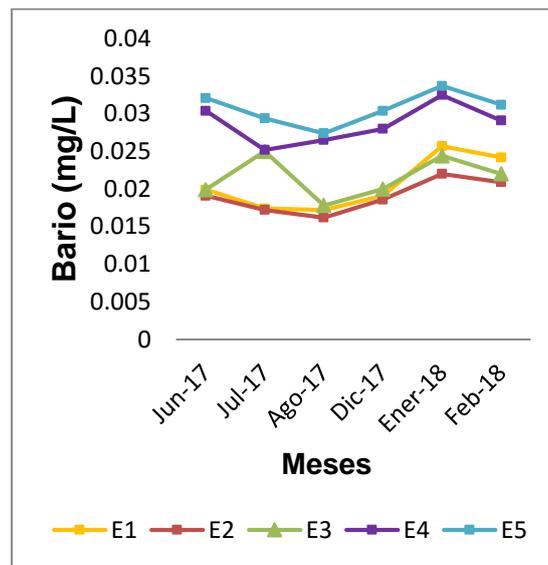


Figura 43. Variación de la concentración de Ba total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 41 y 42 conforme avanza el cauce del río hay diferentes variaciones, en las partes altas inicia con concentraciones elevadas, a medida que avanza se ve una disminución en las partes bajas, evidenciando un mayor aumento en la época de avenida que puede deberse a la escorrentía producida por las precipitaciones, la misma que arrastra este elemento del suelo al cauce del río.

En la Figura 43 se observa que las estaciones E4 y E5 (aguas arriba) en todas las épocas tienen un incremento en las concentraciones de bario, este incremento probablemente se debería a la erosión del suelo que se dan mayormente en las partes medias y altas de la cuenca, esta erosión se deposita en el agua de forma continua, siguiendo el cauce del río transportando a las partes bajas, generando un impacto de remoción y contaminación. Principalmente la contaminación del agua por bario puede provenir de

meteorización de rocas, suelos y de efluentes, entre ellas las refinerías metálicas o desechos de perforaciones (OPS, 2004).

6.2.5. Hierro (Fe)

En las Figuras 44 y 45 las concentraciones de Hierro total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del valor del ECA (5 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales). En la época de estiaje el valor promedio de Fe es 0.1258 mg/L y en época de avenida es 0.0744 mg/L.

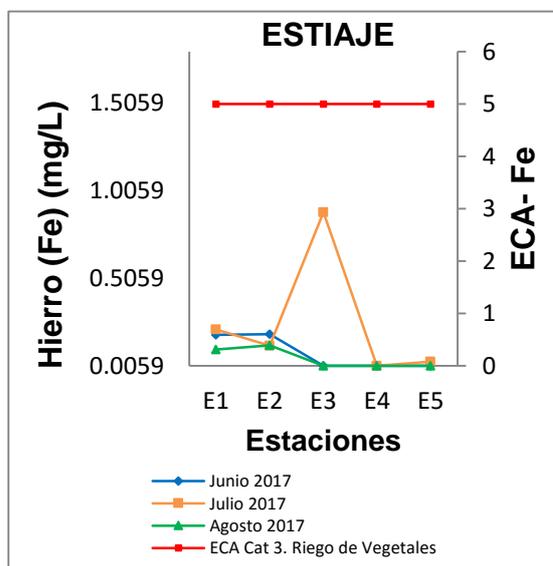


Figura 44. Variación de la concentración de Fe total en época de estiaje

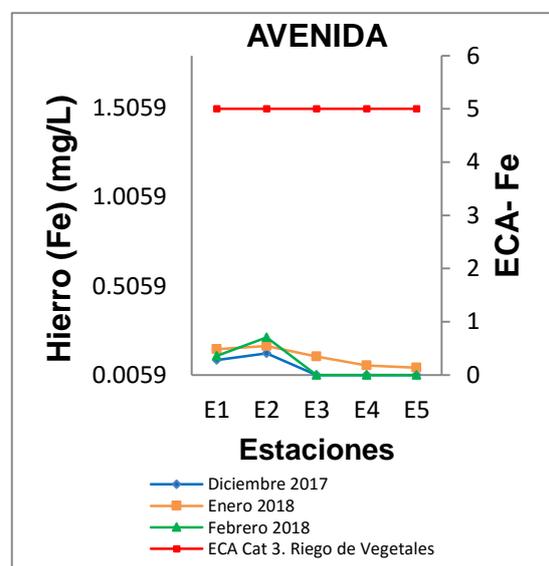


Figura 45. Variación de la concentración de Fe total en época de avenida

En la Figura 46 se observa como varia cada estación con referente al Hierro (Fe) total en los meses evaluados.

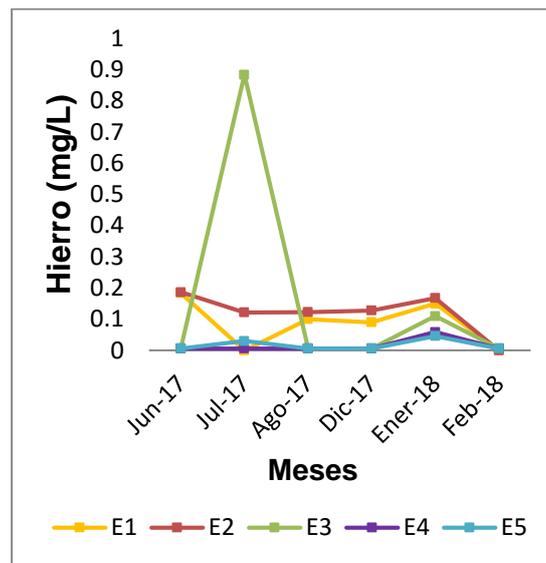


Figura 46. Variación de la concentración de Fe total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 44 y 45 la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, en las partes altas inicia con concentraciones bajas, a medida que avanza se ve un aumento en las concentraciones en el mes de Julio (época de estiaje).

En la Figura 46 se observa que en las concentraciones de Fe existe un aumento en la E3 (mes de Julio). Este incremento podría deberse a que se estuvo realizando limpieza del cauce del río por parte de la municipalidad aguas arriba de dicha estación, lo que habría ocasionado remoción de minerales, especialmente feldspatos y piroxenos, provenientes de las rocas granodiorita, diorita y tonalita presentes en esta zona, dichos minerales son ricos en aluminio y hierro (Marín, 2003).; así mismo en la E2 se evidencia un ligero aumento, puede deberse a que está estación se encuentra aguas abajo del vertimiento minero Yauricocha; el origen del Fe se da en la minería, erosión, lixiviación de rocas,

suelos; con efectos de sabor y turbiedad, y daños a plantas a alta concentración (Orozco *et al.*, 2003).

6.2.6. Magnesio (Mg)

En las Figuras 47 y 48 las concentraciones de Magnesio Total, están por debajo del valor del ECA (250 mg/L) Categoría 3 (Bebida de animales) en todas las estaciones y en ambas épocas. En la época de estiaje el valor promedio de Mg es 14.895 mg/L y en época de avenida es 13.164 mg/L.

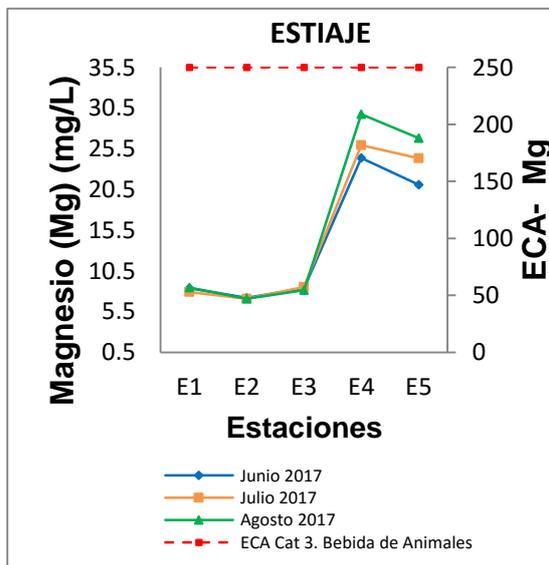


Figura 47. Variación de la concentración de Mg total en época de estiaje

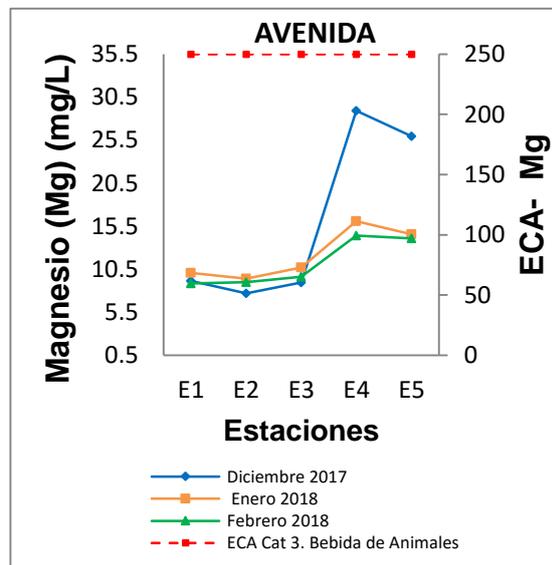


Figura 48. Variación de la concentración de Mg total en época de avenida

En la Figura 49, se observa como varía cada estación con referente al Magnesio (Mg) total en los meses evaluados.

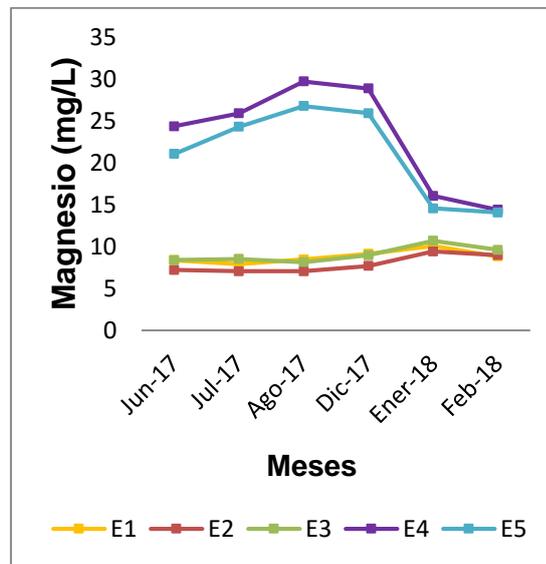


Figura 49. Variación de la concentración de Mg total vs estaciones en el tiempo

Se observa que las Figuras 47 y 48 muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, con respecto a los valores obtenidos en ambas épocas en la concentración de Mg a lo largo del curso del río. En las partes altas inicia con concentraciones mayores y en las partes bajas se observa una disminución de las concentraciones de Mg.

En la Figura 49, se observa una mayor concentración de magnesio en las estaciones E4 y E5 en todos los meses evaluados, debido a la disolución de carbonatos de calcio y magnesio (caliza, dolomita, magnesita) presentes en los terrenos que recorre el río.

Las concentraciones naturales de magnesio en las aguas dulces pueden variar dependiendo de los tipos de rocas dentro de la cuenca.

6.2.7. Manganeso (Mn)

En las Figuras 50 y 51, las concentraciones de Manganeso total en todas las estaciones y en ambas épocas están por debajo del valor del ECA (0.2 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales). En la época de estiaje el valor promedio de Mn es 0.0378 mg/L y en época de avenida es 0.0249 mg/L.

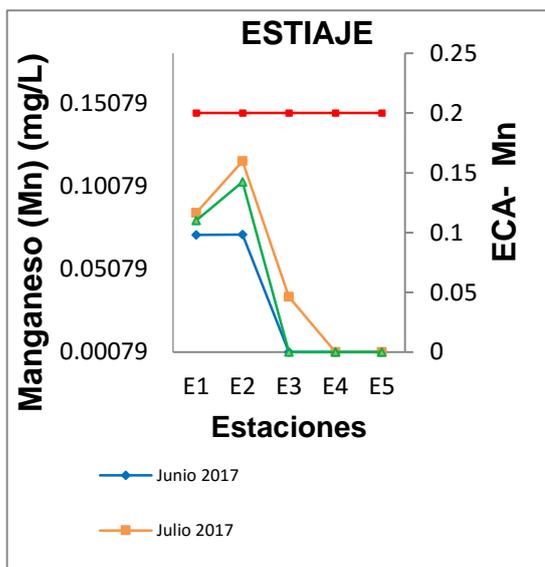


Figura 50. Variación de la concentración de Mn total en época de estiaje

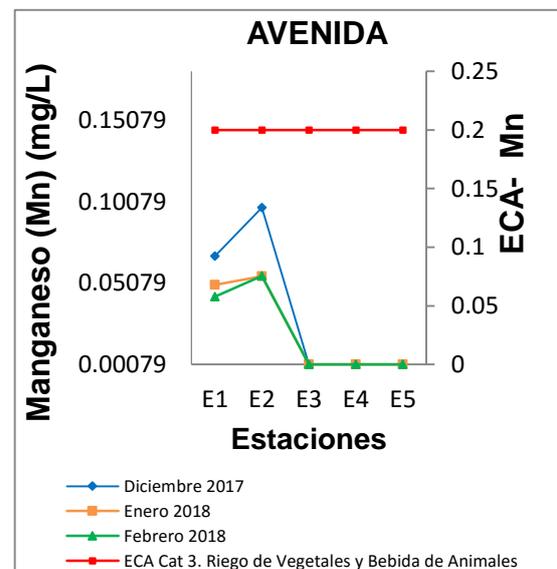


Figura 51. Variación de la concentración de Mn total en época de avenida

En la Figura 51, se observa como varia cada estación con referente al Manganeso (Mn) total en los meses evaluados.

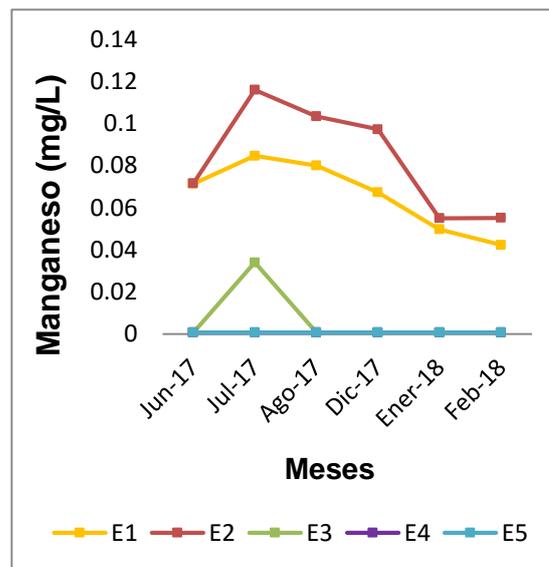


Figura 52. Variación de la concentración de Mn Total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 50 y 51 con respecto a los valores obtenidos en ambas épocas en la concentración de Mn a lo largo del curso del río corrobora la tendencia decreciente de la estación E1 (aguas abajo) a la estación E5 (aguas arriba).

En la Figura 52, se observa que existe un aumento en la concentración de Mn en las estaciones E1 y E2 en todos los meses evaluados, evidenciándose un mayor aumento en la E2, esto probablemente a que se encuentra aguas abajo del vertimiento minero, que son provenientes de sus plantas concentradoras, siendo rico en este metal. Una vez incorporados al agua, los metales pueden afectar a los peces e incorporarse así a la cadena alimenticia, o aumentar la toxicidad de las aguas destinadas a uso potable y ocasionar, por tanto, todos los efectos derivados de la contaminación por metales del agua; el origen del Mn se da

principalmente en la minería (Orozco et al., 2003). Se observa la concentración de Mn en las estaciones E4 y E5 que se mantienen constantes en < 0.0008 mg/L.

6.2.8. Zinc (Zn)

En las Figuras 53 y 54 las concentraciones de Zinc total registrados en todas las estaciones de muestreo se encuentran por debajo del valor del ECA (2 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales) y ECA (24 mg/L) Categoría 3 (Bebida de animales). El valor promedio de Zn en época de estiaje es 0.0067 mg/L y en época de avenida es 0.0072 mg/L.

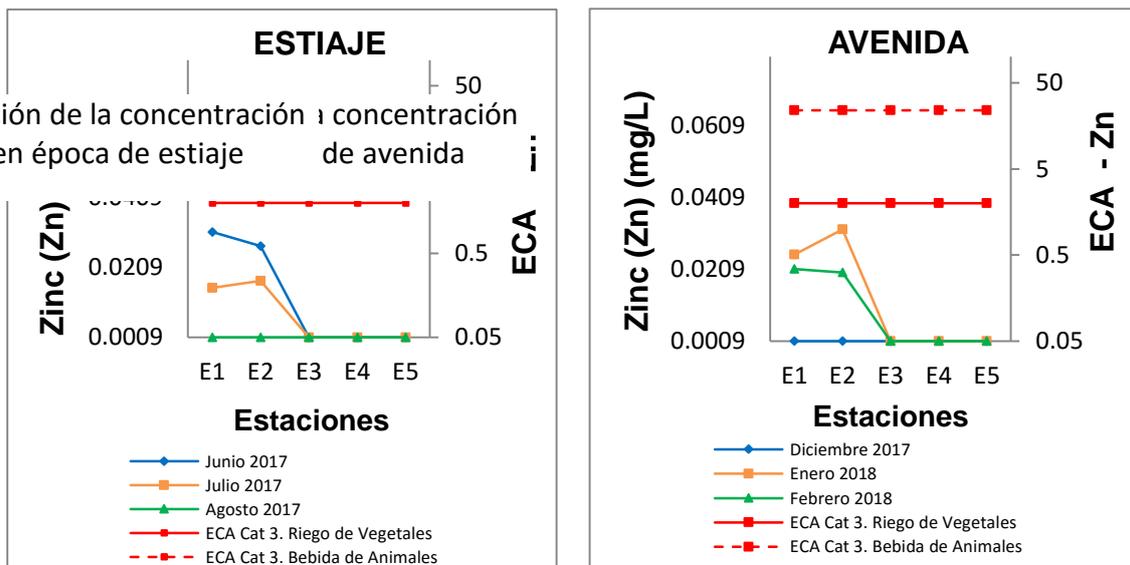


Figura 54. Variación de la concentración de Zn total en época de estiaje

En la Figura 55, se observa como

varia cada estación con referente al Zinc (Zn) total en los meses evaluados.

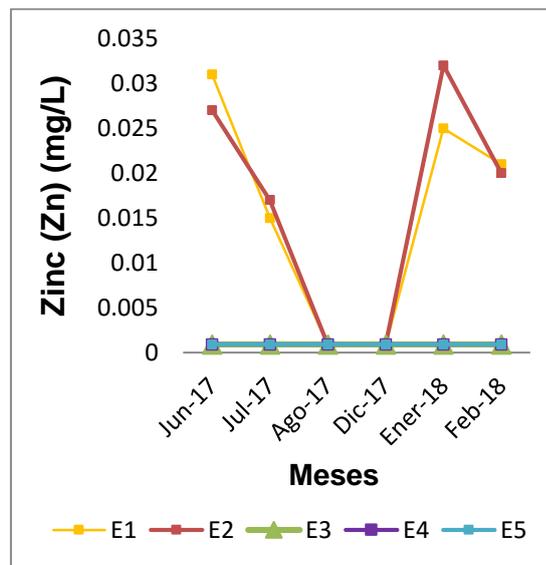


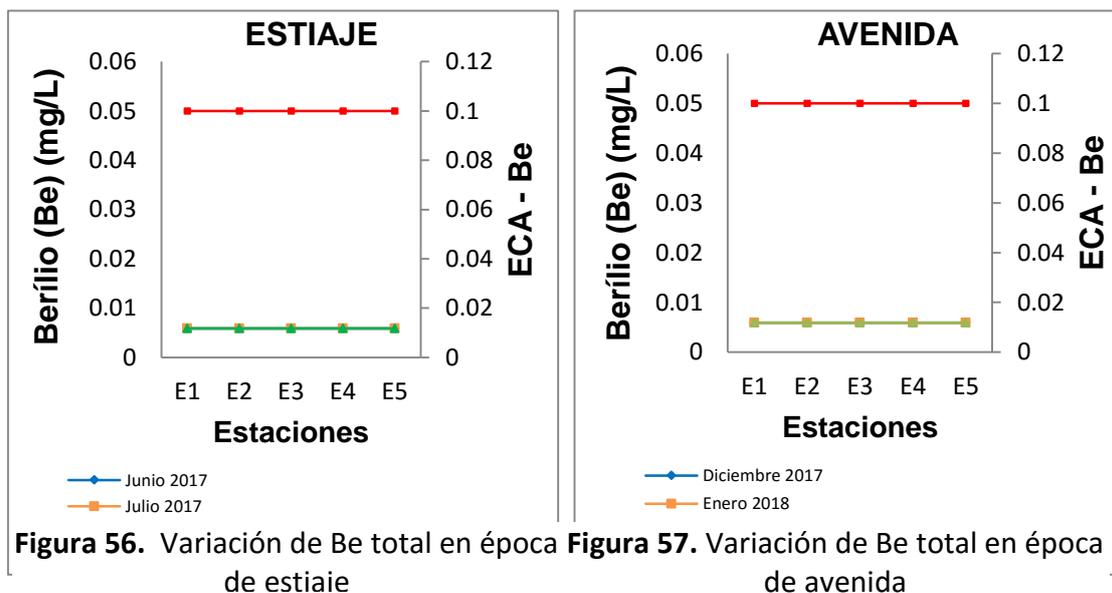
Figura 55. Variación de la concentración de Zn total vs estaciones en el tiempo

Se observa en las Figuras 53 y 54 muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, en las partes altas inicia con concentraciones mínimas constantes, a medida que avanza se ve un aumento en las partes bajas.

En la Figura 55, las concentraciones de Zn se mantienen constantes en las estaciones E3, E4, E5 y existe un incremento en las estaciones E1 y E2 en ambas épocas, evidenciándose un mayor aumento en la E2, debido probablemente que provienen de una fuente antropogénica como la actividad minera, ya que existe una mina apostada en la parte alta. El zinc tiene su origen en recubrimientos de metales, aleaciones, pigmentos, entre otros, y tiene efecto fitotóxico a altas concentraciones (Orozco et al., 2003), en aguas superficiales normalmente el Zinc se encuentra en cantidades traza, por otro lado para los organismos acuáticos como los peces, el zinc resulta potencialmente tóxico a altas concentraciones (Teófilo et al., 2014).

6.2.9. Berilio (Be)

En las Figuras 56 y 57, las concentraciones de Berilio total registradas en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del ECA (0.1 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).



Las concentraciones de Be (< 0.006 mg/L) en ambas épocas y en todas las estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El berilio es un metal que se encuentra en el agua, suelo y aire, resultante de actividades de origen natural (ejemplo: desgaste de rocas) y origen antropogénico provenientes de descargas mineras, industriales, aguas de desagüe, partículas de berilio liberado por procesos industriales, entre otros. Este metal en las aguas superficiales se deposita mayormente en el fondo del sedimento; son posibles cancerígenos y pueden causar afecciones pulmonares a altas concentraciones (ATSDR, 2002).

6.2.10. Cadmio (Cd)

En las Figuras 58 y 59, las concentraciones de Cadmio total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del ECA (0.01 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales) y ECA (0.05) Categoría 3 (Bebida de animales).

Las concentraciones de Cd (< 0.002 mg/L) en ambas épocas y en todas

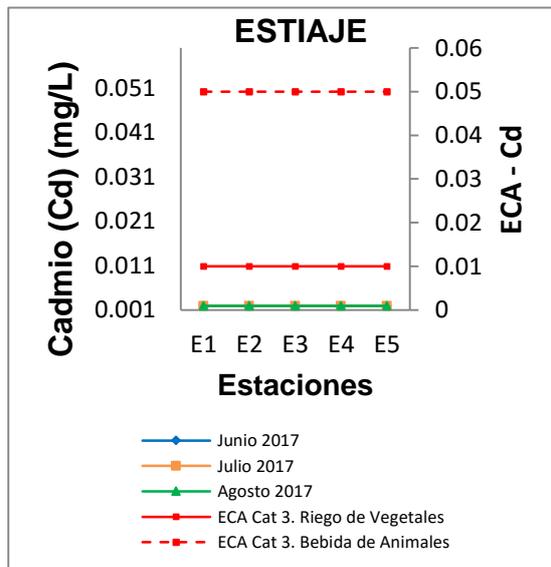


Figura 58. Variación de la concentración de Cd total en época de estiaje

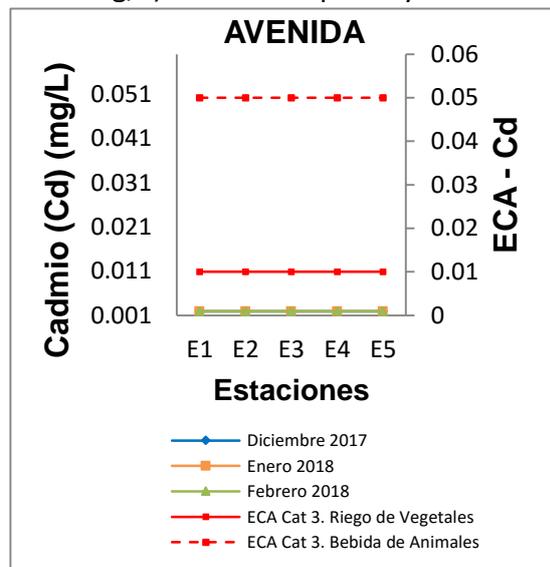


Figura 59. Variación de la concentración de Cd total en época de avenida

las estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El cadmio es un metal pesado que se encuentra de forma natural a menor concentración en la corteza terrestre, todo tipo de terrenos y rocas contienen algo de cadmio. Su origen en el agua radica básicamente en la minería, carbón, tratamiento de metales que se obtiene como subproducto del procesamiento del zinc (Zn) y el cobre (Cu), no se oxida fácilmente, y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos y plásticos; pueden causar afecciones renales, cardiovasculares e hipertensión (Orozco *et al.*, 2003).

6.2.11. Cobalto (Co)

En las Figuras 60 y 61, las concentraciones de Cobalto total registrados en todas las estaciones de muestreo y en las diferentes épocas se encuentran por debajo del ECA Categoría 3 (0.05 mg/L) (Riego de vegetales) y (1 mg/L) (Bebida de animales).

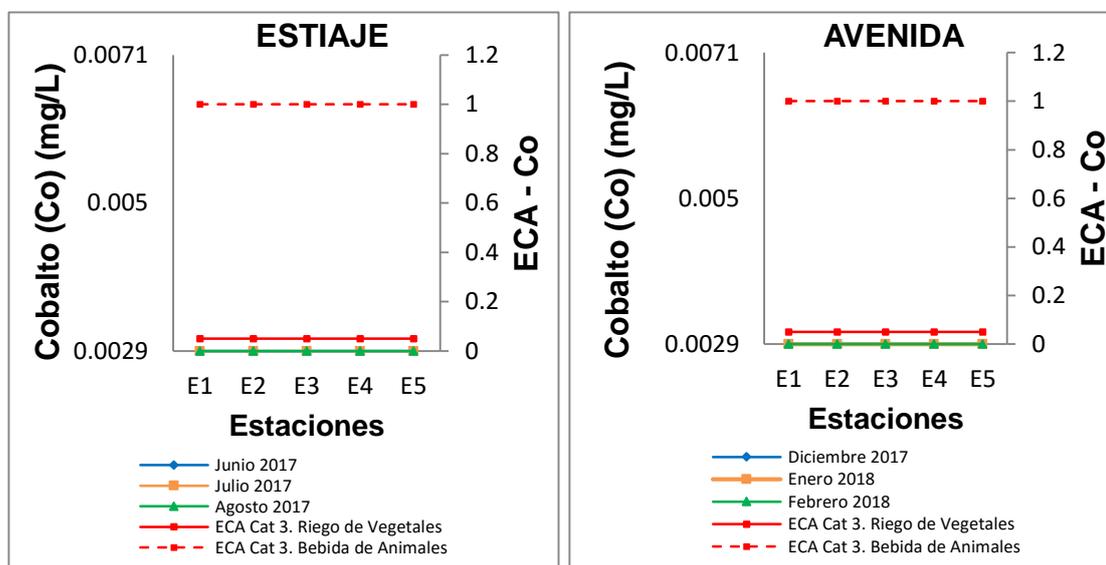


Figura 60. Variación de la concentración de Co total en época de estiaje

Figura 61. Variación de la concentración de Co total en época de avenida

Las concentraciones de Co (< 0.003 mg/L) en ambas épocas y en todas las estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

La mayor cantidad de este metal está presente naturalmente en rocas, suelo, plantas, animales y aire; aproximadamente el 0.0025% de la corteza terrestre está compuesta de cobalto. Algunas fuentes naturales de cobalto en el medio ambiente están asociadas a erosiones volcánicas, agua de mar e incendios forestales; las mayores contribuciones antropogénicas de cobalto al medio

acuático son la minería y actividades de proceso de cobalto, la producción de aleaciones y químicos que contienen cobalto, efluentes de aguas residuales, escorrentía urbana y escorrentía agrícola. En altas concentraciones, el cobalto es tóxico para humanos, animales, plantas terrestres y acuáticas (Servicio Agrícola y Ganadero-SAG, 2005).

6.2.12. Cromo (Cr)

En las Figuras 62 y 63, las concentraciones de Cromo total registrados en todas las estaciones de muestreo y en las diferentes épocas se encuentran por debajo del valor del ECA (0.1 mg/L) (Categoría 3: Riego de vegetales) y ECA (1 mg/L) (Categoría 3: Bebida de animales).

Las concentraciones de Cr (< 0.002 mg/L) en ambas épocas y en todas las

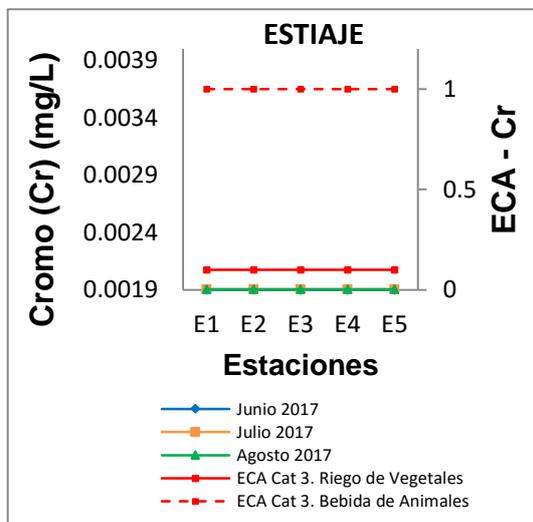


Figura 63. Variación de la concentración de Cr total en época de estiaje

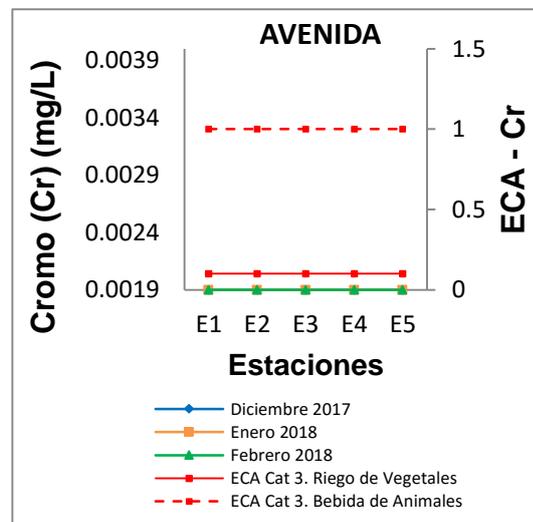


Figura 62. Variación de la concentración de Cr total en época de avenida

estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El cromo de origen antropogénico proviene principalmente de la utilización en la elaboración de baterías de alta temperatura, fungicidas, curtidos de pieles, tratamiento de superficies, industrias papeleras

(ejemplo: pulpa y cartón). Este metal se utiliza en las industrias productoras de cemento; además, se utiliza para producir ferrocromo y cromo metálico que usualmente son aleados con Fe y Ni. Más del 60% del cromo utilizado por la industria metalúrgica lo es para la fabricación de acero inoxidable (Cr, Fe y Ni), también interviene en la tinción de fibras y textiles, en litografía y como recubrimiento protector de utensilios sometidos a intenso desgaste (Rosas, 2001, p. 33).

6.2.13. Cobre (Cu)

En las Figuras 64 y 65, las concentraciones de Cobre total registrados en todas las estaciones de muestreo y en las diferentes épocas se encuentran por debajo del ECA (0.2 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales) y ECA (0.5 mg/L) Categoría 3 (Bebida de animales).

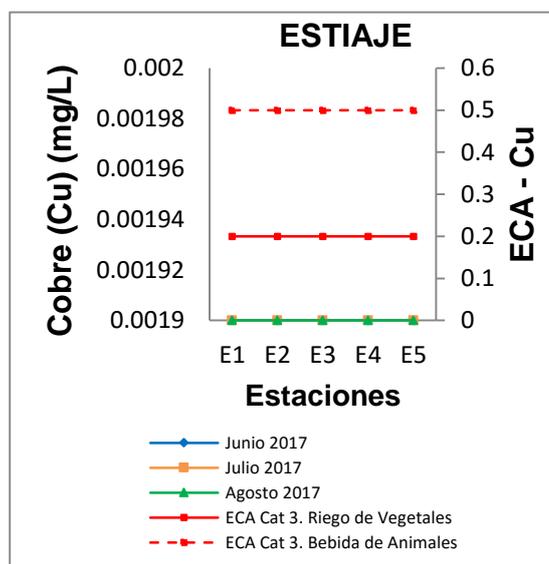


Figura 65. Variación de la concentración de Cu total en época de estiaje

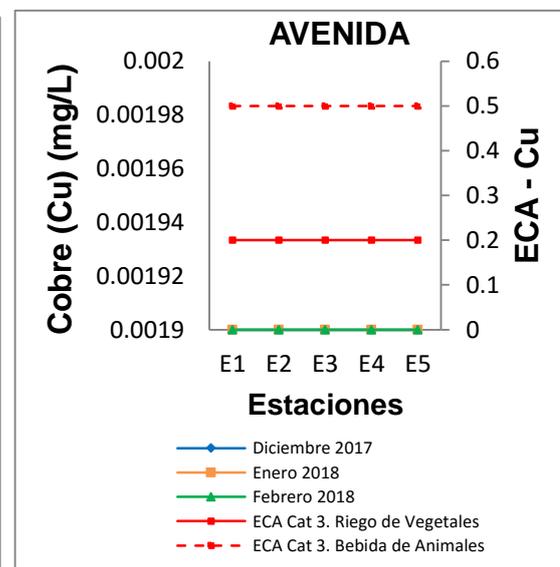


Figura 64. Variación de la concentración de Cu total en época de avenida

Las concentraciones de Cu (< 0.002 mg/L) en ambas épocas y en todas las estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El cobre en las aguas superficiales normalmente se encuentra de forma natural a bajas concentraciones, el cual no tendría efecto perjudicial para la salud. Sin embargo, su origen en el agua a nivel antropogénico radica en la corrosión de las tuberías, minería, recubrimiento de metales y de forma natural en la erosión, lixiviación de suelos y rocas. Cabe mencionar que a elevadas concentraciones son tóxicos para las algas, plantas, en especial para los peces, estos son sensibles a este metal cuando actúa como plaguicida, disminuyendo el oxígeno, dando como resultado la mortandad de estos (Organización Panamericana de la Salud-OPS, 2004).

De acuerdo a McNeely et al. (1979), la elevada concentración de cobre en el medio ambiente acuático está usualmente relacionada con las fuentes antropogénicas más que con las fuentes naturales. Las fuentes industriales de cobre incluyen la minería, refinamiento de petróleo, trabajo de metales y fundición.

6.2.14. Litio (Li)

En las Figuras 66 y 67, las concentraciones de Litio total registrados en todas las estaciones de muestreo y en las épocas de estiaje y avenida se encuentran por debajo del valor del ECA (2.5 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).

Las concentraciones de Li ($< 0.002 \text{ mg/L}$) en ambas épocas y en todas las

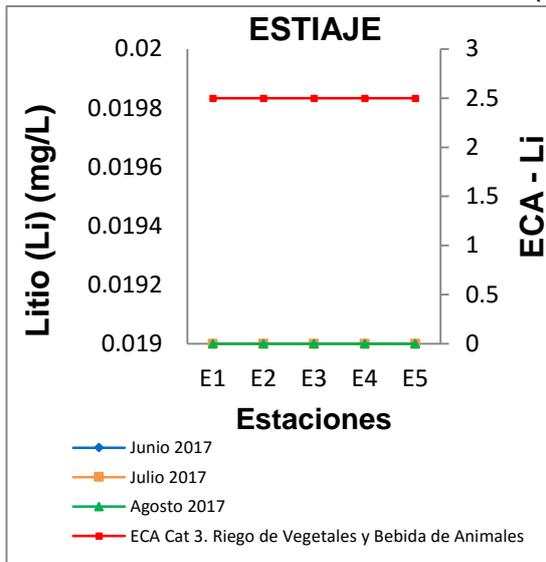


Figura 66. Variación de la concentración de Li total en época de estiaje

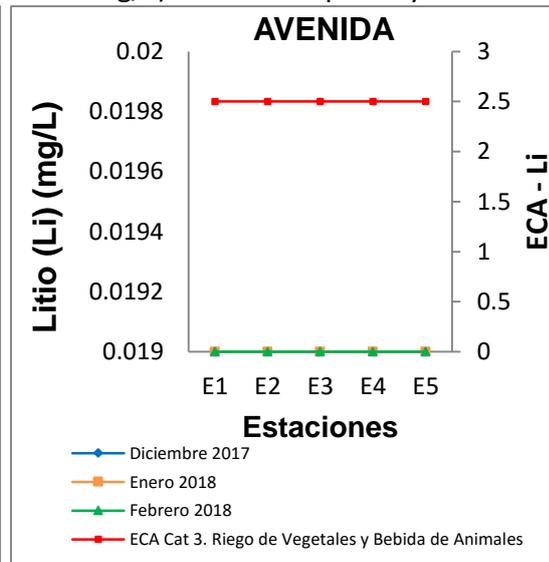


Figura 67. Variación de la concentración de Li total en época de avenida

estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El litio es uno de los metales menos tóxicos que se encuentran en el ambiente, no es de gran amenaza para los animales y plantas (absorben el litio), tampoco en los ecosistemas acuáticos; este metal ayuda al crecimiento de las plantas, sin embargo no sirve de alimento para las mismas. Su origen radica en la utilización de baterías, catalizadores en vehículos de industrias, además aplica para las aleaciones de Al, Mg y Pb. Este metal no es muy dañino en aguas superficiales, se encuentra básicamente en minerales de suelos como la pelatita, ambligonita, entre otras, sin embargo un exceso de su concentración puede llegar a ser tóxico (Lenntech, 2015).

6.2.15. Niquel (Ni)

En las Figuras 68 y 69, las concentraciones de Niquel total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas, se encuentran por

debajo del valor del ECA (0.2 mg/L) (Riego de vegetales) y (1 mg/L) (bebida de animales).

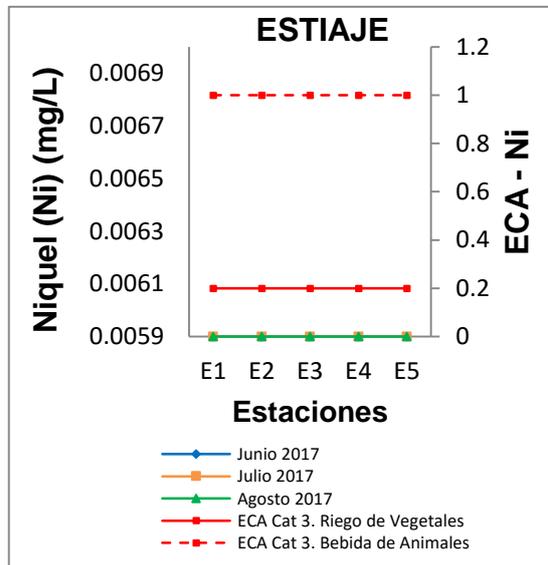


Figura 68. Variación de la concentración de Ni total en época de estiaje

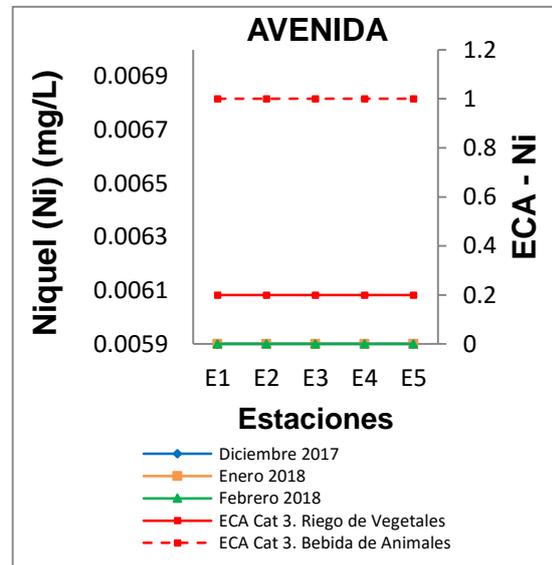


Figura 69. Variación de la concentración de Ni total en época de avenida

Las concentraciones de Ni (< 0.006 mg/L) en ambas épocas y en todas las estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El níquel es un metal pesado que puede formar aleaciones con diversos metales como el Cr, Cu, Fe y Zn, se encuentran también a menores concentraciones en todos los suelos y en los vertimientos especialmente industriales terminan en las aguas, así mismo es liberado a la atmósfera por plantas industriales que usan níquel, por plantas que incineran basura, carbón y petróleo, y por emisiones volcánicas. El níquel no parece acumularse en peces o en otros animales usados como alimentos (ATSDR, 2005).

6.2.16. Plomo (Pb)

En las Figuras 70 y 71, las concentraciones de Plomo total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo

del valor del ECA (0.05 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).

Las concentraciones de Pb (< 0.02 mg/L) en ambas épocas y en todas las

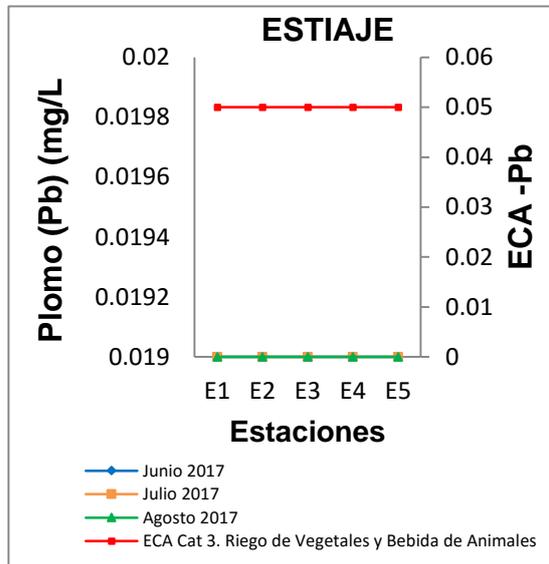


Figura 70. Variación de la concentración de Pb total en época estiaje

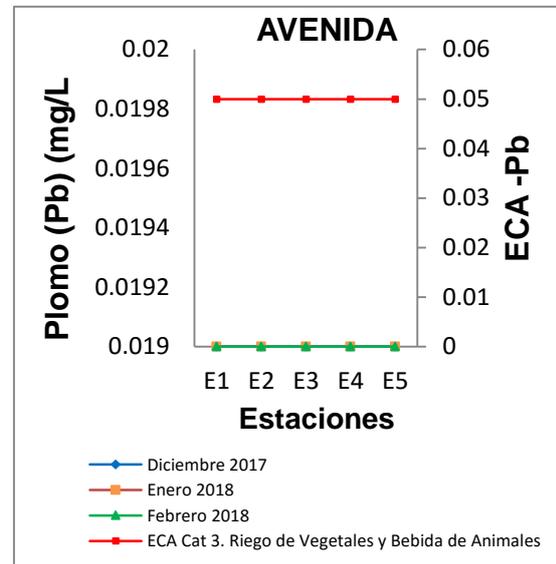


Figura 71. Variación de la concentración de Pb total en época de avenida

estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

El plomo es uno de los metales pesados que predominan por su toxicidad, no es biodegradable y es persistente en el ambiente especialmente en el agua, suelo y aire. Este metal proviene de fuentes naturales y antropogénicas; en la corteza terrestre se encuentra en los suelos a pequeñas cantidades con un promedio de 10 mg/kg, sin embargo, las concentraciones elevadas de plomo normalmente se deben a actividades humanas, su origen radica básicamente en vertimientos mineros, corrosión de tuberías, pigmentos para pinturas, carburantes. Generalmente, el plomo se libera al medio ambiente a través de partículas que contienen residuos de plomo que se dispersan a través del aire y que pueden contaminar los suelos y el agua (Jiménez, 2012).

6.2.17. Selenio (Se)

En las Figuras 72 y 73, las concentraciones de Selenio total registrados en todas las estaciones de muestreo y en ambas épocas se encuentran por debajo del valor del ECA (0.05 mg/L) Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).

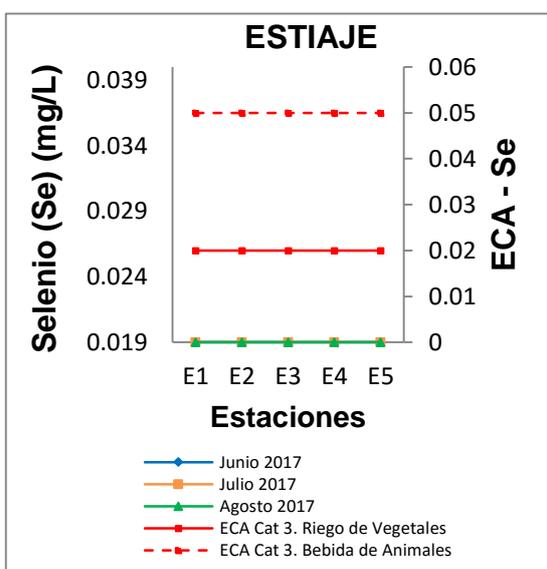


Figura 72. Variación de la concentración de Se total en época de estiaje

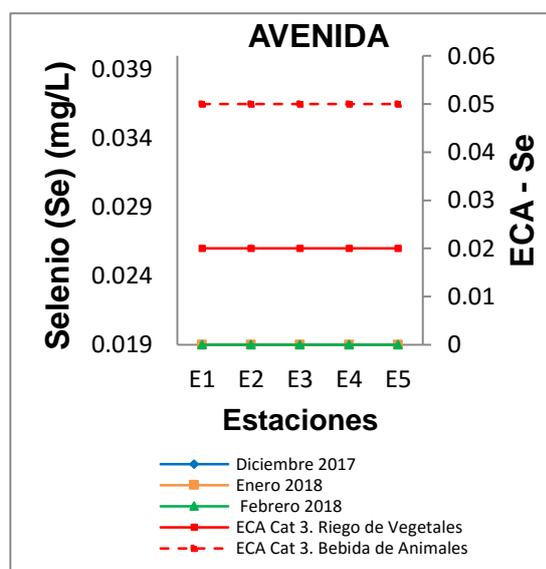


Figura 73. Variación de la concentración de Se total en época de avenida

Las concentraciones de Se (< 0.02 mg/L) en ambas épocas y en todas las estaciones muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio.

No es frecuente encontrar selenio en las aguas superficiales, no obstante su origen radica en vertimientos de residuos mineros, carbón, petróleo y minería del cobre, a su vez, podría provenir de la erosión de los suelos. Los efectos tóxicos a altas concentraciones puede causar daño al sistema nervioso, producir hemorragias, intoxicaciones agudas y crónicas que pueden llegar a la muerte (OPS, 2004).

- **Análisis de comparación entre épocas**

Tabla 12. Comparación de las concentraciones de los parámetros físico-químicos con variación en agua en ambas épocas.

	Normalidad-Shapiro.test	T de Student	Mann-Whitney
pH	0.7554	5.892E-08*	-
Temperatura (°C)	0.2699	0.003277*	-
Conductividad eléctrica (US/cm)	0.3232	0.5901(n.s)	-
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.2937	0.04106*	-
Turbiedad (NTU)	0.000001975	-	0.000*
Caudal (m3/s)	0.0343	-	0.002*
Aluminio (mg/L)	0.0000000003039	-	0.929(n.s)
Arsénico (mg/L)	0.0000000000776	-	0.317(n.s)
Boro (mg/L)	0.00000113	-	0.142(n.s)
Bario (mg/L)	0.07055	0.1671(n.s)	-
Hierro (mg/L)	0.00000001739	-	0.914(n.s)
Magnesio (mg/L)	0.00003419	-	0.290(n.s)
Manganeso (mg/L)	0.00001665	-	0.915(n.s)
Zinc (mg/L)	0.00000009991	-	0.915(n.s)

-Aplicando prueba t de Student y Mann-Whitney a un nivel de significación del 5%

-(*) Indica diferencias significativas $p < 0.05$

-(n.s) Indica diferencias no significativas $p > 0.05$

Se evaluó la normalidad de los indicadores físico-químicos del agua con Shapiro-Wilk. Se aplicó *t de Student*, a los indicadores físico-químico que presentan distribución normal y Mann-Whitney a los que no presentaron

distribución normal, a fin de detectar diferencias significativas ($p < 0.05$) en las dos épocas de muestreo.

Según la comparación entre ambas épocas de muestreo se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para los indicadores pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto, turbiedad y caudal. Los indicadores conductividad eléctrica y metales totales (Al, As, B, Ba, Fe, Mg, Mn y Zn), no presentaron diferencias significativas.

6.3. Correlación entre las concentraciones de metales totales y los parámetros *in situ*

Los resultados obtenidos se desarrollaron con el programa estadístico R, los cuales fueron sometidos a un análisis de correlación con el método de Pearson a un nivel de significancia de 0.01, en cada estación se hallaron las matrices de correlación de Pearson para cada época (estiaje y avenida).

En las Figuras 74 y 75, se observan las matrices de correlación de Pearson de los promedios en ambas épocas (estiaje y avenida) de las 150 estaciones de muestreo.

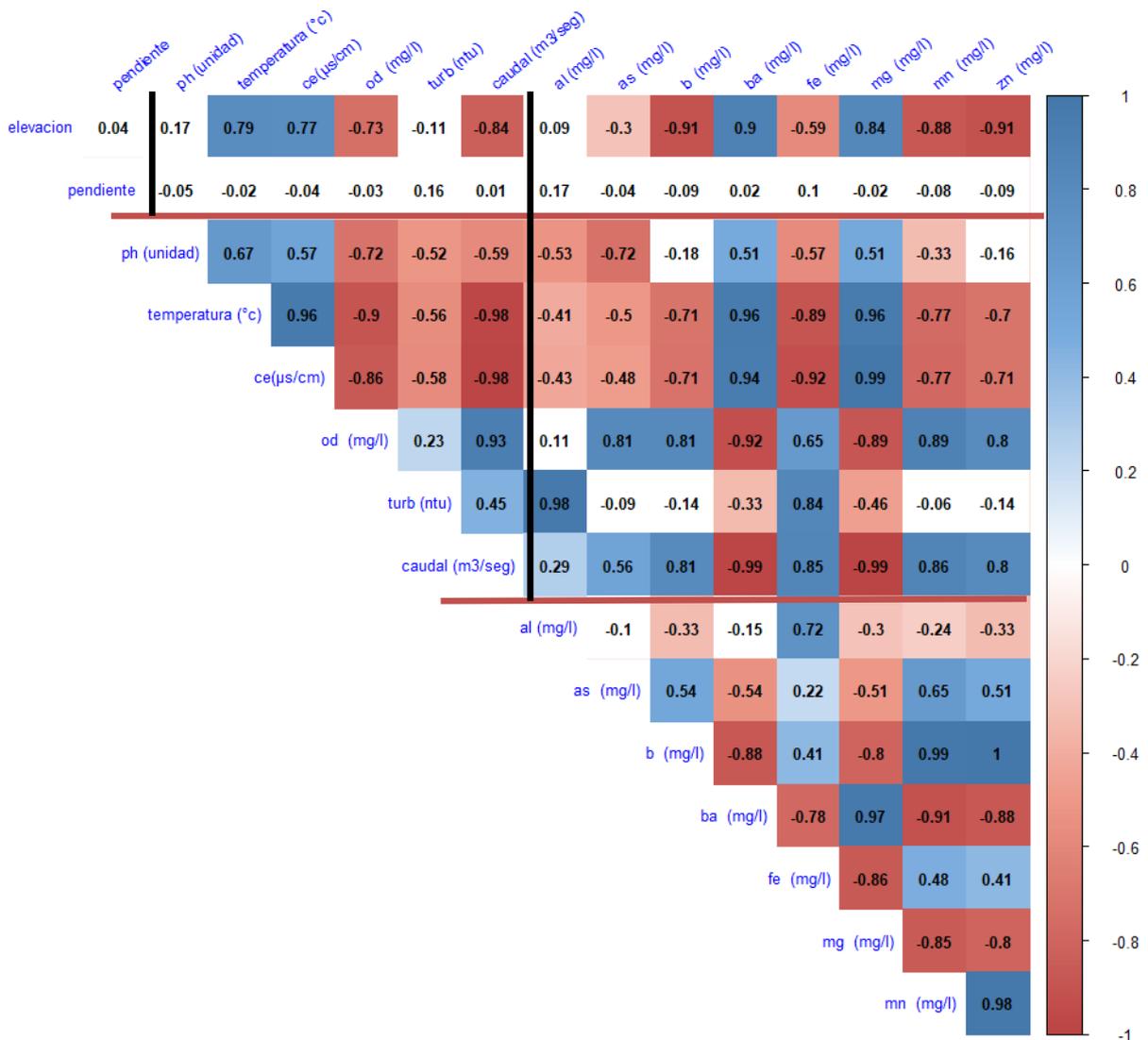


Figura 74. Correlación de Pearson. Promedio de la época de estiaje en la matriz de Pearson, los cuadros marcados en azul y rojo reflejan la fuerza de correlación y corresponden a índices de correlación significativas ($p < 0.01$)

ÉPOCA DE ESTIAJE

Se muestran los resultados del análisis de correlación de Pearson a un nivel de significancia de 0.01, entre 16 variables ordenadas de acuerdo a la clasificación propuesta: elevación y pendiente (fisiográficas), temperatura, conductividad eléctrica,

oxígeno disuelto, turbiedad y caudal (físico-químicas) y aluminio, arsénico, boro, bario, hierro, magnesio, manganeso y zinc (metales totales); el valor y el color del cuadrante reflejan la fuerza de correlación (Figura 74), mostrando las correlaciones no significativas las celdas en color blanco.

En el primer grupo se analizan las correlaciones entre variables fisiográficas, físico-químicas y metales totales, observándose correlaciones negativas entre la variable fisiográfica **elevación** respecto a los metales totales boro, manganeso y zinc $r \geq 0.8$, arsénico y hierro $r \geq 0.3$; y correlaciones positivas con los metales bario y magnesio $r \geq 0.8$, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables físico-químicas temperatura, y conductividad eléctrica $r \geq 0.7$, y negativas con las variables oxígeno disuelto y caudal $r \geq 0.7$; la elevación no presenta correlación con el pH.

Entonces podemos inferir que, para la época de estiaje, si el curso de agua está a menor **elevación**, las concentraciones de boro, manganeso, zinc, arsénico y hierro se incrementarían, y las concentraciones de bario y magnesio disminuirían, así mismo desciende la temperatura y conductividad eléctrica, y a su vez se incrementaría la concentración de oxígeno disuelto y el caudal.

No se halla correlaciones entre la variable **pendiente**, variables físico-químicas y concentraciones de los metales totales en agua.

En el segundo grupo se analizan las correlaciones entre variables físico-químicas tomadas *in situ* respecto a la concentración de metales totales, donde:

Se observan correlaciones negativas entre **pH**, respecto a **aluminio**, arsénico, hierro $r \geq 0.5$ y manganeso $r \geq 0.3$; correlaciones positivas con los metales bario y magnesio $r \geq 0.5$, por otra parte, se observan correlaciones positivas con las variables

físico-químicas temperatura y conductividad eléctrica $r \geq 0.5$, y negativas con las variables oxígeno disuelto, turbiedad y caudal $r \geq 0.5$.

De lo descrito podemos inferir la disminución del **pH** estaría asociado a un incremento del aluminio, arsénico, hierro y manganeso, y una disminución de bario y magnesio; a su vez se encuentra relacionado con menor temperatura y conductividad eléctrica, y un incremento del oxígeno disuelto, turbiedad y caudal.

Asimismo, se observan correlaciones negativas entre **temperatura**, respecto al aluminio, arsénico $r \geq 0.4$, boro, hierro, manganeso y zinc $r \geq 0.7$, siendo todas de orden media y moderada; correlaciones positivas altas con bario y magnesio $r \geq 0.9$; se observan correlaciones positivas con las variables físico-químicas conductividad eléctrica $r \geq 0.9$ y pH $r \geq 0.5$, y negativas con las variables oxígeno disuelto, caudal $r \geq 0.9$ y turbiedad $r \geq 0.5$.

De lo descrito podemos inferir la disminución de **temperatura**, está asociado a un incremento del aluminio, arsénico, boro, hierro, manganeso y zinc, y una disminución del bario y magnesio, a su vez se encuentra relacionado con menor conductividad eléctrica y pH, y un incremento del oxígeno disuelto, turbiedad y caudal.

La **conductividad eléctrica** presenta correlaciones negativas respecto al aluminio, arsénico $r \geq 0.4$, boro, hierro $r \geq 0.9$, manganeso y zinc $r \geq 0.7$, siendo todas de orden media, moderada y alta; correlaciones positivas altas con el bario y magnesio $r \geq 0.9$; se observan correlaciones negativas con las variables físico-químicas oxígeno disuelto, caudal $r \geq 0.8$ y turbiedad $r \geq 0.5$, y positivas con las variables de temperatura y pH $r \geq 0.5$.

De lo descrito podemos inferir la disminución de la **conductividad eléctrica** está asociado a un incremento de aluminio, arsénico, boro, hierro, manganeso y zinc, y una disminución de bario y magnesio; a su vez se encuentra relacionado con un incremento de oxígeno disuelto, turbiedad y caudal, y a una baja temperatura y conductividad eléctrica.

El **oxígeno disuelto** presenta correlaciones negativas altas respecto al bario y magnesio $r \geq 0.9$; correlaciones positivas altas entre arsénico, boro, manganeso, zinc $r \geq 0.8$ y moderada para hierro $r \geq 0.6$. No presenta correlación con aluminio, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas turbiedad $r \geq 0.2$ y caudal $r \geq 0.9$, y negativas con las variables de pH, conductividad eléctrica y temperatura $r \geq 0.7$.

De lo descrito podemos inferir la disminución de **oxígeno disuelto**, está asociado a un incremento de bario y magnesio, y una disminución de arsénico, boro, manganeso, zinc y hierro; a su vez se encuentra relacionado a una baja turbiedad y caudal, y un aumento de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

La **turbiedad** presenta correlaciones negativas media respecto a bario y magnesio $r \geq 0.3$; correlaciones positivas altas entre aluminio y hierro $r \geq 0.8$, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas caudal $r \geq 0.4$ y oxígeno disuelto $r \geq 0.2$ y, negativas con las variables de pH, temperatura y conductividad eléctrica $r \geq 0.5$.

De lo descrito podemos inferir la disminución de la **turbiedad** está asociado a un incremento de bario y magnesio y a una disminución de aluminio y hierro; a su vez se

encuentra relacionado con un menor caudal y oxígeno disuelto, y un incremento de pH, temperatura y conductividad eléctrica.

El **caudal** respecto a bario y magnesio $r \geq 0.9$, siendo todas de orden alta; correlaciones positivas medias entre aluminio, arsénico $r \geq 0.3$ y altas, para boro, hierro, manganeso y zinc $r \geq 0.8$, así mismo se observan correlaciones positivas entre turbiedad $r \geq 0.4$ y oxígeno disuelto $r \geq 0.9$, y negativas con las variables de pH $r \geq 0.4$, conductividad eléctrica y temperatura $r \geq 0.9$.

De lo descrito podemos inferir la disminución del **caudal** está asociado a un incremento de bario y magnesio, y a una disminución de aluminio, arsénico, boro, hierro, manganeso y zinc; a su vez se encuentra relacionado con menor turbiedad y oxígeno disuelto, y un incremento de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

En el *tercer grupo* se analizan las correlaciones entre metales totales, donde:

El arsénico, boro, hierro, manganeso y zinc se correlacionan positivamente entre sí, por otro lado, el bario y magnesio también lo hacen.

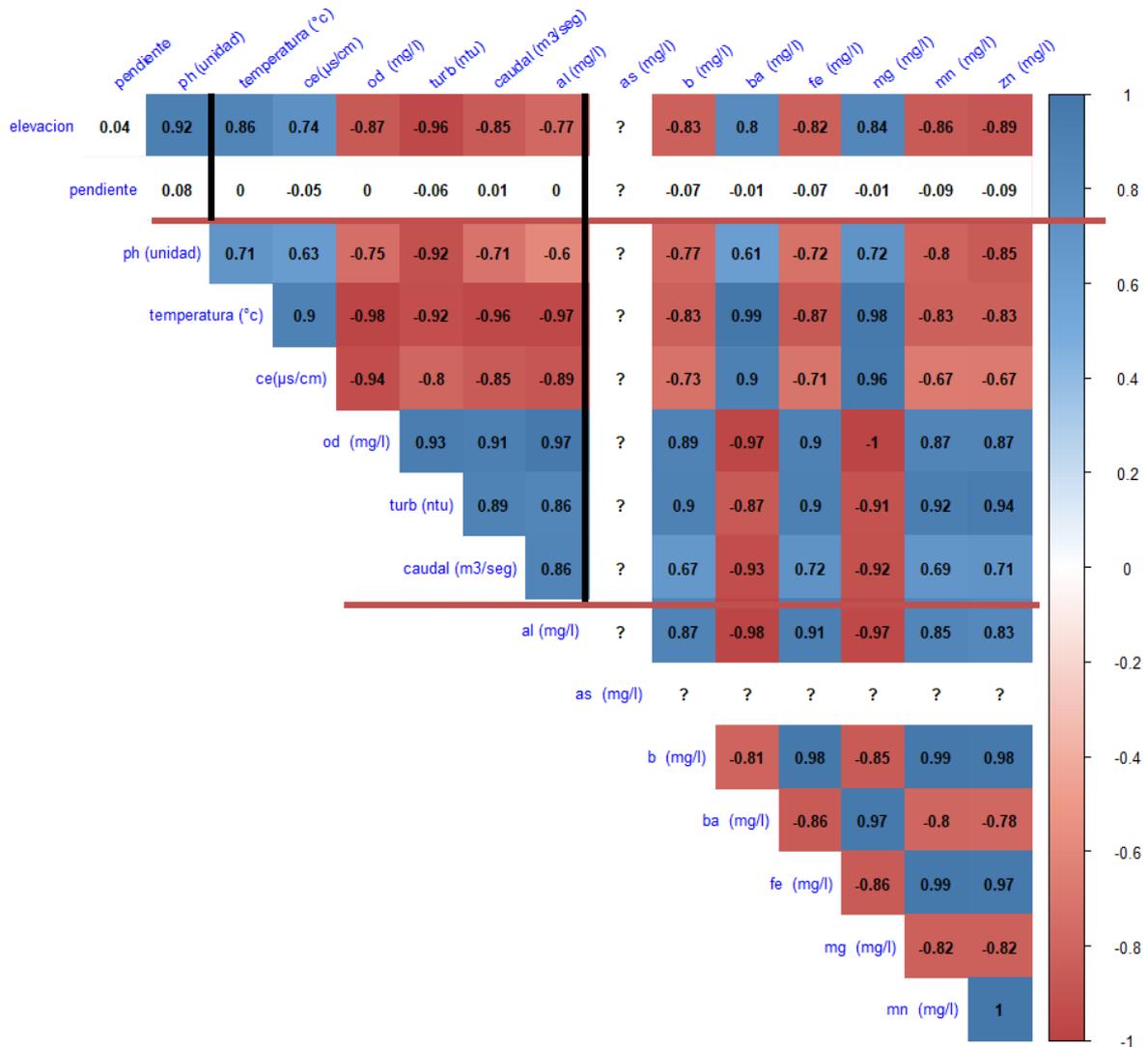


Figura 75. Correlación de Pearson. Promedio de la época de avenida en la matriz de Pearson, los cuadros marcados en azul y rojo reflejan la fuerza de correlación y corresponden a índices de correlación significativas ($p < 0.01$)

ÉPOCA DE AVENIDA

Se muestran los resultados del análisis de correlación de Pearson a un nivel de significancia de 0.01, entre 16 variables ordenadas de acuerdo a la clasificación propuesta: elevación y pendiente (fisiográficas), temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbiedad y caudal (físicoquímicas) y aluminio, arsénico, boro, bario,

hierro, magnesio, manganeso y zinc (metales totales); el valor y el color del cuadrante reflejan la fuerza de correlación (Figura 75), mostrando las correlaciones no significativas las celdas en color blanco.

En el primer grupo se analizan las correlaciones entre variables fisiográficas, fisicoquímicas y metales totales, observándose correlaciones negativas entre la variable fisiográfica **elevación** respecto a los metales totales aluminio, boro, hierro *manganeso* y *zinc* $r \geq 0.8$; y correlaciones positivas con los metales *bario* y *magnesio* $r \geq 0.8$, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas pH, temperatura, y conductividad eléctrica $r \geq 0.7$, y negativas con las variables oxígeno disuelto, turbiedad y caudal $r \geq 0.8$.

Entonces podemos inferir que, para la época de avenida, si el curso de agua está a menor **elevación**, las concentraciones de boro, manganeso, zinc y hierro se incrementarían, y las concentraciones de bario y magnesio disminuirían, así mismo descende el pH, temperatura y conductividad eléctrica, y a su vez se incrementaría la concentración de oxígeno disuelto, turbiedad y el caudal.

No se halla correlaciones entre la variable **pendiente**, parámetros físico químico y concentraciones de los metales analizados.

No se halla correlaciones entre la variable **arsénico** con parámetros fisicoquímicos y concentraciones de los metales analizados por ser constante.

En el *segundo grupo* se analizan las correlaciones entre variables fisicoquímicas tomadas *in situ* respecto a la concentración de metales totales, donde:

Se observan correlaciones negativas entre **pH**, respecto a aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc $r \geq 0.7$, siendo todas de orden moderada; correlaciones positivas

moderadas con los metales bario y magnesio $I_{rl} \geq 0.6$, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas temperatura, y conductividad eléctrica $I_{rl} \geq 0.6$, y negativas con las variables oxígeno disuelto, turbiedad y caudal $I_{rl} \geq 0.7$.

De lo descrito podemos inferir la disminución del **pH** está asociado a un incremento del aluminio, hierro, manganeso y zinc, y una disminución de bario y magnesio, a su vez se encuentra relacionado con menor temperatura y conductividad eléctrica, y un incremento del oxígeno disuelto, turbiedad y caudal.

La **temperatura** presenta correlaciones negativas respecto a aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc $I_{rl} \geq 0.8$, siendo todas de orden alta; correlaciones positivas altas con el bario y magnesio $I_{rl} \geq 0.9$, así mismo se observan correlaciones positivas altas con las variables fisicoquímicas conductividad eléctrica $I_{rl} \geq 0.9$ y pH $I_{rl} \geq 0.6$, y negativas altas con las variables oxígeno disuelto, caudal y turbiedad $I_{rl} \geq 0.9$.

De lo descrito podemos inferir que la disminución de **temperatura**, está asociado a un incremento del aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc; y a una disminución del bario y magnesio, a su vez se encuentra relacionado a una disminución de conductividad eléctrica y pH; y asociados a un incremento de oxígeno disuelto, turbiedad y caudal.

La **conductividad eléctrica** presenta correlaciones negativas respecto al aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc $I_{rl} \geq 0.6$, siendo todas de orden moderada; correlaciones positivas altas con el bario y manganeso $I_{rl} \geq 0.9$, así mismo se observan correlaciones positivas las variables fisicoquímicas pH y temperatura; y negativas con las variables oxígeno disuelto, turbiedad y caudal $I_{rl} \geq 0.8$.

De lo descrito podemos inferir la disminución de la **conductividad eléctrica** está asociado a un incremento de aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc y una disminución de bario y magnesio, a su vez se encuentra relacionado con un incremento de oxígeno disuelto, turbiedad y caudal; y a una disminución de temperatura y pH.

El **oxígeno disuelto** presenta correlaciones negativas altas respecto a bario $r \geq 0.9$ y magnesio $r=1$; correlaciones positivas altas entre aluminio, boro, hierro, manganeso, zinc $r \geq 0.8$, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas turbiedad y caudal $r \geq 0.9$, y negativas con las variables pH, temperatura y conductividad eléctrica.

De lo descrito podemos inferir la disminución de **oxígeno disuelto**, está asociado a un incremento de bario y magnesio, y una disminución de aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc; a su vez se encuentra relacionado a una disminución de turbiedad y caudal; y a un incremento de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

La **turbiedad** presenta correlaciones negativas respecto a bario y magnesio $r \geq 0.9$, siendo todas de orden alta; correlaciones positivas altas entre aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc $r \geq 0.9$, así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas caudal y oxígeno disuelto $r \geq 0.8$; y negativas con las variables pH, temperatura y conductividad eléctrica.

De lo descrito podemos inferir la disminución de la **turbiedad** está asociado a un incremento de bario y magnesio, y a una disminución de aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc, a su vez se encuentra relacionado con una disminución del caudal y oxígeno disuelto; y un incremento de pH, temperatura y conductividad eléctrica.

El **caudal** respecto a bario y magnesio $r \geq 0.9$, siendo todas de orden alta; correlaciones positivas moderada entre aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc $r \geq 0.6$; así mismo se observan correlaciones positivas con las variables fisicoquímicas turbiedad y oxígeno disuelto $r \geq 0.8$; y negativas con las variables pH, temperatura y conductividad eléctrica $r \geq 0.7$.

De lo descrito podemos inferir en relación a los datos analizados, la disminución del **caudal** está asociado a un incremento de bario y magnesio y a una disminución de aluminio, arsénico, boro, hierro, manganeso y zinc; así mismo se encuentra relacionado a una disminución de turbiedad y oxígeno disuelto; y un incremento de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

En el *tercer grupo* se analizan las correlaciones entre metales totales, donde:

El aluminio, boro, hierro, manganeso y zinc se correlacionan positivamente entre sí, por otro lado, el bario y magnesio también lo hacen.

Correlación en época de estiaje y avenida

Se pudo evidenciar que en época de estiaje no todos los parámetros físico-químicos se encuentran correlacionados, a diferencia de la época de avenida en el que todos sus parámetros físico-químicos se encuentran positiva y negativamente correlacionados.

En ambas épocas del año la conductividad eléctrica y la temperatura presentan una correlación positiva con respecto a la elevación, corroborando lo reportado por Ocasio (2008) quién refiere que la conductividad eléctrica puede ser afectada por la temperatura o el material de composición del lecho, debido a que la temperatura en aguas superficiales fluctúa de acuerdo con el clima regional y las estaciones del año;

dichas variaciones afectan la solubilidad de sales y gases en el agua, incluyendo propiedades químicas y microbiológicas (Sierra, 2011).

Asimismo, el pH y la CE observadas en las dos épocas de evaluación tienen una correlación positiva entre sí, siendo mayor durante la época de avenida, especialmente por las precipitaciones, debido a que la escorrentía causada por las lluvias arrastran consigo los minerales del suelo que conducen mejor la electricidad, llegando al río.

En ambas épocas existe una correlación altamente negativa entre la temperatura y el oxígeno disuelto, caudal. Si la temperatura del agua aumenta, el oxígeno disuelto y el caudal disminuyen. Los resultados concuerdan con Manaham (2000) quien menciona que la cantidad de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua se ve afectada por la temperatura, la cual influye en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas que, generalmente, aumentan con un incremento de la temperatura. Así mismo, según Roldán (2003) se debe considerar que un incremento de temperatura puede disminuir significativamente el oxígeno disuelto en un cuerpo de agua.

Se observa en la época de estiaje que las correlaciones de los parámetros físico-químicos con la turbiedad son bajas y en algunos no existe relación, a diferencia de la época de avenida que presenta una correlación moderada, alta en todos sus parámetros físico-químicos, se puede inferir que es primordialmente por el caudal del río el cual es mayor en la época de avenida, ya que los aportes de turbiedad son causados principalmente por las precipitaciones que arrastran sedimentos, minerales del suelo, vertimientos industriales y domésticos hacia las aguas de los ríos, por lo que probablemente en época de avenida el agua sea más turbia.

La temperatura influye sobre la solubilidad de los metales, esto quiere decir que si los metales están disueltos podría aumentar la temperatura; sin embargo, en este caso la temperatura va a depender de las condiciones ambientales del área de estudio debido a los factores meteorológicos y a la hora que se realizó el muestreo, por lo que la temperatura no va a afectar los niveles de concentraciones de metales en el agua, cabe resaltar que los metales son buenos conductores de electricidad (Rosas, 2001).

En ambas épocas analizadas espacialmente, las concentraciones del Mn, Zn, B y Fe se encuentran positivamente correlacionadas entre sí a menor elevación. Entonces se puede inferir que estos metales posiblemente provienen de fuentes en común, así mismo en época de estiaje se halla concentraciones de arsénico a menor elevación, el cual se diferencia de la época de avenida, donde presenta una concentración constante. Las fuentes pueden ser de origen natural o antropogénica, como la actividad minera, siendo en la parte baja donde se evidencia la presencia de un vertimiento minero, perteneciente a la empresa minera de la zona que extraen cobre, zinc, plomo y plata.

En el curso del río se encontraron valores de pH muy alcalinos, especialmente en época de estiaje, lo que podría influir en los metales pesados que se encuentren en menores concentraciones, puesto que gran cantidad se ha liberado como hidróxidos insolubles y carbonatos, por lo que el pH estaría aumentando significativamente (Silveira et al. 2003). Corroborando con la investigación, Michaud (2001) menciona que los metales pesados son menos tóxicos o inocuos en condiciones alcalinas.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a este estudio, se puede concluir que:

1. Los valores de los parámetros físico-químicos *in situ* monitoreados, presentan diferencias entre épocas de monitoreo, siendo el pH y oxígeno disuelto mayores en época de estiaje; y la temperatura, turbiedad y caudal mayores en la época de avenida.
2. La concentración de metales pesados y totales en aguas superficiales en las cinco estaciones de muestreo en la microcuenca del río Tinco no presentan diferencias en ambas épocas.
3. Los valores de los parámetros físico-químicos monitoreados *in situ* (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y turbiedad) y metales pesados, en aguas superficiales de cinco estaciones diferentes de la microcuenca del río Tinco, durante las épocas de estiaje y avenida se encuentran en el rango de los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3, a excepción del pH, el cual supera el ECA-agua en época de estiaje.
4. La relación de los niveles de concentración de metales pesados con los parámetros *in situ* en ambas épocas, muestran que el Fe, Mn y Zn se encuentran relacionados positivamente con el OD y caudal, y están relacionados

negativamente con la temperatura y conductividad eléctrica. El As en época de estiaje se relaciona positivamente con el OD, y presenta relaciones negativas con el pH.

5. Los niveles de concentración de Mn y Zn presentan correlaciones positivas entre sí en ambas épocas, y Mn, Zn y Fe presentan correlaciones positivas en época de avenida, se encuentran relacionadas negativamente con la elevación en ambas épocas, a menor elevación existirá mayor concentración de estos metales, siendo en la parte baja donde se evidencia la presencia de un vertimiento minero, que extraen cobre, zinc, plomo y plata, adicionalmente se evidencia la presencia de formaciones geológicas con inclusión de minerales férricos.

VIII. RECOMENDACIONES

Considerando que los ecosistemas acuáticos pueden variar en el espacio y el tiempo, dado que son sistemas dinámicos, se genera una nueva rama del conocimiento en la generación de modelos que expliquen estos cambios, en este contexto en el Perú existe deficiencia de este tipo de enfoque de evaluación de las aguas continentales en relación a la calidad del agua, por lo tanto se recomienda:

- Continuar con trabajos de investigación en la microcuenca del río Tinco, dado que este estudio surgió a partir de las dudas y quejas presentadas por las comunidades adyacentes al río Tinco, por la presencia de vertimientos industriales y domésticos a las aguas del río. Se recomienda considerar otros parámetros exigidos por el ECA como aniones, aceites y grasas, STS, STD, carbonatos, bicarbonatos, carga microbiana y salinidad, que ayuden a

determinar la calidad del agua circundante a estas comunidades en este sector.

- Considerar el uso de los modelos espaciales de superficie basados en interpolaciones, como herramientas útiles en el monitoreo de aguas superficiales, uso potencial en investigación y poder de inferencia como herramienta de gestión, para futuras investigaciones.
- A los usuarios y gestores del recurso hídrico a realizar monitoreos continuos tomando como base los resultados de este estudio, para evaluar el grado de variación de los parámetros evaluados en diferentes épocas.

IX. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mententaste, E., Sarzanni, C. & Barberies R. (2002). Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119(2), 177-193.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y de Registro de Enfermedades. (2002). *Resumen de Salud Pública Berilio*. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs4.pdf
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2008). *Cadmium*. Recuperado de <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Cadmio%20%28Cadmium%29.%20ATSDR.pdf>

- Anillo, R., Colpas, F. & Meza, E. (2013). Increase of the content of humic acids in a low rank coal by oxidation with air and with hydrogen peroxide or nitric acid. *Quím.Nova*, 36,3.
- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V. & Ivanov, K. (2004). Bioaccumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 19, 197–20.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2010). *Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac*. Lima: Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2016). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima: Resolución Jefatural N°010-2016-ANA.
- Autoridad Nacional del Agua (2017). *Informe técnico N°103-2017-ANA-AAA.CF-ALA MOC-AT-LEAP-IFC CAÑETE*.
- Araujo Jiménez, A. (2003). *Calidad de las aguas de la cuenca del río Santa, para uso agrícola y doméstico*. (Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias). Universidad de Trujillo, Perú.
- ArcGIS (2012). *Cómo funciona IDW*. Recuperado de: <http://resources.arcgis.com/>.
- Baird, C. & Cann, M. (2012). *Environmental Chemistry*. 5ta Ed. NewYork: W.H.Freeman and Company; 407-450.
- Beaven, U., Tamuka, N., Maxwell, B. & Nyasha, M. (2013). Metal Correlations and mobility in sediment and water from the Gwebi River in the Upper

- Manyame Catchment, Zimbabwe. *International Journal of Water Sciences*, 2,1-8.
- Blanes, P. y Giménez, M. (2005). Cuantificación y correlación de arsénico y metales pesados en aguas naturales de la región centro-oeste de la provincia del Chaco - Argentina. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, Argentina. E-047. Resumen recuperado de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/8-Exactas/E-047.pdf>
 - Campos, N. (1990). La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María, Caribe Colombiano. *Caldasia*, 16(77), 231 - 144. Doi: 10.15446/Caldasia.
 - Campos, L. (2006). *Bases ecológicas y biológicas pesqueras para determinar los patrones migratorios de Colossoma macropomun "gamitana" en la zona baja del Río Ucayali-Loreto-Perú: Propuesta de manejo sostenible*. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1256.pdf>
 - Carrera, M. (2011). *Modelación de oxígeno disuelto y materia orgánica y su influencia en la distribución y diversidad de indicadores bentónicos de la cuenca del río San Pedro en el tramo Amaguaña – Guangopolo* (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador.
 - Castillo, Z. (2014). *Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

- Cervantes, C. y Moreno, R. (2010). *Contaminación ambiental por metales pesados impacto en los seres vivos*. México: Editor AGT, S.A.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* (2ª ed.). Cambridge, UK: Printed in Great Britain at the University Press. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41850/0419216006_eng.pdf?sequence=1
- Comisión Técnica Multisectorial (2009). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú (R.M.N° 051-2007-PCM)*. Recuperado del sitio de internet de la Autoridad Nacional del Agua: http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas_estrategias_rh.pdf
- Correa, E. y Ortega, H. (2010). Diversidad y Variación Estacional de Peces en la Cuenca Baja del Río Nanay. *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 037-042.
- Deng, S. & Ting, Y. (2005) Characterization of prj modified biomass as biosorption of Cu (II), Pb (II) and Ni (II). *Water Res.*, 39, 2167-77.
- Deveze, A. (2011). *Determinación de metales pesados (Cu, Hg, Pb, Cd, Cr, Zn) en Jaiba Azul (Callinectes sapidus Rathbun, 1896) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo* (Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental). Universidad de Quintana Roo, México.
- Duker, A., Carranza, E. & Hale, M. (2005). Arsenic geochemistry and health. *Environ Inter*, 31, 631- 641.
- Echari, L. (1998). *Ciencias de la tierra y el medio ambiente* (1ª ed.) Madrid: Editorial Teide.

- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Firmi, P., Peter, K. & Najat, K. (2015). Assessment of heavy metal concentration in water around the proposed mkuju river uranium project in tanzania. *Department of Physics, University of Dar es Saala*, (41), 8-18.
- Garbagnati, M., González, P. Antón, R. y Mallea, M. (2005). Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina. *Ecología Austral* 15:59-71.
- Gayoso, J., Schlegel, B. y Acuña, M. (2000). *Guía de conservación de agua. Programa de Producción Forestal y Medio Ambiente*. Valdivia- Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.
- Gómez, I. C. (2003). *Saneamiento Ambiental*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Gómez, A., Villalb A. y Castañeda, M. (2004). Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(1), 5-12.
- Graza, F. (2015). *Determinación de Pb, Cd, As en aguas del río Santa en el pasivo ambiental minero de Recuay, Ticapampa; Recuay- Ancash* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- González, H., Martín, D. y Figueroa, R. (2015). *Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexicona/R-0060.pdf>

- Guevara, G. (2014). Evaluación ambiental estratégica para cuencas prioritarias de los andes colombianos: dilemas, desafíos y necesidades. *Acta biol. Colomb.*, 19(1), 11-24.
- Guzmán, C., Thalassio F., Ramírez, L., Rodríguez, N., Guerrero, B. & González, A. (2011). Spatial–temporal evaluation of the water quality of San Pedro river in Aguascalientes state, México. *International environmental pollution magazine*, 27(2), 89-102.
- Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V. y Huaranga, F. (2010), Contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Moche, 1980-2010, La Libertad-Perú. *Revista Scientia Agropecuaria*, (3), 235-247. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/3576/Resumenes/Resumen_357633703005_1.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2017). *Población del 2000 al 2015*. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2017). *Sistema de consulta de centros poblados*. Recuperado de <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2016). *Lista de ubicación geográfica*. Recuperado de: <http://webinei.inei.gob.pe:8080/sisconcode/ubigeo/listaBusquedaUbigeoPorDescripcion.htm?versionCategoriaPK=51&nivel=1&descripcion=&strVersion=2016>

- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Editorial Limusa.
- Jimenez Verdesoto, D. B. (2012). *Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (Crassostrea Columbiensis) Ostion de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)*. Universidad De Guayaquil – Facultad De Ciencias Naturales - Guayaquil - Ecuador.
- Juárez, S. (2006). *Contaminación del Río Rímac por Metales Pesados y efecto en la Agricultura en el cono Este de Lima, Lima – Perú* (Tesis Maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina. 35-75p.
- Johnston K., Hoef J.M., Krivoruchko K., & Lucas N. (2001). *Using ArcGis Geostatistical Analyst*. ESRI. Recuperado de: http://downloads2.esri.com/support/documentation/ao/Using_ArcGIS_Geostatistical_Analyst.pdf
- Justin, L., Vázquez, A. y Siebe, C. (2001). Cadmio, Níquel y Plomo en agua, suelo y cultivos en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 35 (1), 267-74.
- Kravchenko, A. (2003). Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of American Journal*. 67(5), 1564-1571. DOI: 10.2136/sssaj2003.1564.
- Madhloom, H., Al-Ansari, N., Laue, J. & Chabuk, A. (2017). Modeling Spatial Distribution of Some Contamination within the Lower Reaches of Diyala River Using IDW Interpolation. *Department of Civil, Environmental and Natural*

Resoruces Engineering, University of Babylon, iraq, (10),22.

DOI:10.3390/su10010022.

- Manahan, S. (2000). *Environmental chemistry*. Florida: Editorial Lewis.
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, S.A.
- Mesa, C., Marin, C. y Gaona, P. (2017). *Análisis geoestadístico y predicción espacial para el índice de calidad del agua en el Río Bogotá*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas- Bogotá-Colombia.
- Ministerio de Agricultura - MINAG (2001). Estudio Hidrológico: Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Cañete. Lima. 244 pp.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y disposiciones complementarias. Lima: Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.
- Obando, F., Villegas, A., Betancour, J. y Echeverry, L. (2006). Variabilidad espacial de propiedades químicas y físicas en un Typic Udivitrands, arenoso de la región andina central colombiana. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 59, 3217-3235.
- Ocasio, F. (2008). *Evaluación de calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río Piedras* (Tesis de Maestría). Universidad Metropolitana Escuela Graduada de Asuntos Ambientales San Juan, Puerto Rico.

- Oliver, M. & Webster, R. (1990). Kriging: A method of interpolations for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 4, 313-332.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Capítulo 1. Aspectos Fisicoquímicos de la calidad del agua*. Lima: Área de desarrollo sostenible y salud ambiental.
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzalez, N., Rodriguez, F. y Alfayate, J. (2003). *Contaminación Ambiental, una vista desde la química, Madrid*. España: Editorial Paraninfo.
- Páez, R. y Rivas, H. (2011). *Guía de campo para el monitoreo comunitario de la calidad de agua*. México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental -UNAM.
- Paredes, Q. (2013). *Concentración de Plomo y Cadmio en la Cuenca Media del Río Moche-La Libertad, 2013* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad.
- Palacio, D., Martínez, M., Pérez, A., Cotarelo, N., Llera, H. y Fernández, M. (2014). Comportamiento de parámetros físico-químicos en diferentes aguas utilizadas para el consumo humano. *Higiene y Sanidad Ambiental* 14(2), 1207-1211.
- Panhalkar, S. & Amol, J. (2015). Assessment of Spatial Interpolation Techniques for River Bathymetry Generation of Panchganga River Basin Using Geoinformatic Techniques. *Asian Journal of Geoinformatics*. Department of

Geography, Shivaji University, Kolhapur; Ms, India. Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, University of Babylon, Iraq, (15),3.

- Pérez, C. y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev Biol Trop.*, 56 (4), 1905-1918.
- Ramírez, J. (2010). Análisis de las aguas naturales, aguas residuales y aguas de mar. *Edición Omega S.A.* 15(1), 29-36.
- Ramos, C. (2014). Seis mil truchas mueren asfixiadas por contaminación. *Diario el Correo*. Recuperado de: <https://diariocorreo.pe/ciudad/seis-mil-truchas-mueren-asfixiadas-por-conta-71576/>
- Restrepo, B. y González, L. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.
- Rodríguez, R. (2013). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat* (Tesis doctoral). Universidad politécnica de Catalunya, España.
- Roldán Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia* (pp. 1-9). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat de la Universidad Politécnica de Catalunya* - Departamento de Ingeniería minera. (Tesis doctoral). Recuperado de http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf

- Servicio Agrícola Ganadero – SAG. (2005). *Criterios de Calidad del Agua o efluentes tratados para uso en Riego*. Universidad de Chile, Chile. Recuperado de:

http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. (2004). Dirección General de Información Agraria. Estudio agroclimático de la cuenca del río Cañete. Lima.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. (2010). *Dirección general de hidrología y recursos hídricos. Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú*. Recuperado de:

[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/hidro_monCalAgua_peru08%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/hidro_monCalAgua_peru08%20(4).pdf)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. (2016). *Mapa de clasificación climática del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Recuperado de: <http://senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP (2006). *Plan Maestro Reserva Paisajista Nor Yauyos Cochas 2006-2011*. Recuperado de:

http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/R.P._Nor_Yauyos/Plan%20Maestro%202006%20%202011%20RP%20Nor%20Yauyos%20Cochas.pdf

- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP (2016). *Plan Maestro Reserva Paisajista Nor Yauyos Cochas 2016-2020*. Recuperado de:
http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2016/RP%20N%20207-2016-SERNANP.compressed.pdf
- Severiche, C., Castillo, M. y Acebedo, L. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias, Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua - Evaluación y Diagnostico (pp. 47-49)*. Medellín, Colombia: Ediciones de la U.
- Silveira, M., Alleoni, L. & Guilherme, L. (2003). Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agricola*, 60, 793–806.
- Tarbuck, E. y Frederick, L. (2005). *Ciencias de la Tierra - Una introducción a la geología física*. 8va Ed. Madrid, PEARSON-Prentice Hall; 96-118.
- Tebbutt, T. (2011). *Fundamentos de control de la calidad del agua (pp. 96-103)*, México: Editorial limusa / noriego.
- Torres, A., Duque, S. y Caraballo, P. (2013). Heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones físicas y químicas de dos lagos de inundación en la Amazonía Colombiana. *Actual Biol.*, 35(98),63-76.
- Valcárcel, L., Alberro, N. y Frías, D. (2009). Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Medio Ambiente y*

Desarrollo. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*, 16, 1683-8904.

IX. GLOSARIO

- **Metales pesados:** Son unas de las formas de contaminación más peligrosas del medio ambiente, porque no presenta ningún tipo posible de degradación química o biológica, además pueden ser bioacumulados de diversas formas (orgánicas e inorgánicas) y permanecer en los organismos por largos periodos; existen en el ambiente como resultado de procesos naturales y como contaminantes derivados de las actividades humanas; son estables y persistentes en ambientes acuáticos. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos.
- **Agua superficial:** Masa de agua sobre la superficie de la tierra, conforma ríos, lagos, lagunas, pantanos y otros similares, sean naturales o artificiales.
- **Agua residual:** Líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). Constituye un residuo que no sirve para el usuario directo; sin embargo su importancia es tal que requiere de sistemas de canalización, tratamiento y evacuación
- **Vertimientos:** Que fluye al exterior, descargado como desecho con o sin tratamiento previo; por lo general se refiere a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales.
- **Contaminación:** Deterioro del ambiente como consecuencia de la presencia de sustancias perjudiciales o del aumento exagerado de algunas sustancias que

forman parte del medio. Las sustancias que causan el desequilibrio del ambiente se denominan “contaminantes” y pueden encontrarse en el aire, en el agua y en el suelo.

- **Correlación de Pearson:** es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente, sus valores adimensionales varían de -1 a +1. Una correlación positiva perfecta tiene un coeficiente +1 y para una correlación negativa perfecta es -1, la ausencia de correlación da como coeficientes valores cercanos a cero.
- **Río:** Corrientes de aguas naturales que fluyen con continuidad y que se forman por la acumulación de la lluvia en las montañas o el deshielo de los nevados. Su caudal varía en el transcurso del año, aumenta en épocas de lluvia y disminuye cuando hay precipitación. Son de gran importancia para la ecología, porque en ellos habitan toda clase de seres vivos que conforman muchos ecosistemas.
- **ECA:** Estándar de Calidad Ambiental, son indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana. No son de exigencia legal sino son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas. En la medida en que son estándares generales, se deben aplicar a la sociedad en su conjunto. Es decir, no miden las emisiones de alguien en particular sino que buscan establecer un nivel aceptable de calidad para las emisiones realizadas por todos nosotros.

- **ICP- OES:** El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES. Esta técnica se basa en la medida de la radiación emitida por distintos elementos presentes en una muestra introducida en una fuente ICP. El sistema óptico empleado en ICP-OES consta de un monocromador, que separa las longitudes de onda individuales y enfoca las deseadas al detector, capaz de medir la emisión tanto atómica como iónica por lo que se pueden monitorizar más longitudes de onda, estas medidas pueden compararse con un patrón para cuantificar la concentración de los elementos en la muestra.

X. ANEXOS

ANEXO 1

CADENAS DE CUSTODIA

FOP 048



CADENA DE CUSTODIA - MONITOREOS AGUAS Y/O MUESTRAS AGUOSAS - CLIENTES

N° de Documento _____ Grupo N° 9539/2018

Hoja N° ____ de ____ Orden de Servicio N° _____

Proceso N° 1129

Sede CERCADO
Av. República de Argentina 1859, Urb. Industrial Conde
Teléfono: 4889500
E-MAIL: ServicioClientes@als.com

Sede AREQUIPA
Av. Dolores N° 167, Juan Luis Barrantes y Rivero - Arequipa
Teléfono: 054 - 434570
E-MAIL: ServicioClientes@als.com

CLIENTE	Maricela Diana Camacho Vargas					PRESENCIANTE
CONTACTO	Maricela Diana Camacho Vargas					
DIRECCION	Calle Dora Esther 146 Dpto 303, Surco					MUESTRA RECIBIDA EN TIEMPO
TELEFONO	96466624					
E-MAIL	maricela.d.com4cu@gmail.com					PARAMETRO
RAZON SOCIAL	Maricela Diana Camacho Vargas					
DIRECCION	Calle Dora Esther 146 Dpto 303, Surco					PARAMETRO
RUC	-					
CONTACTO	Maricela Diana Camacho Vargas					PARAMETRO
TELEFONO	96466624					
DATOS DEL PROYECTO	<p>PROYECTO: Analisis de Metales Totales en Agua Superficial</p> <p>IDENTIFICACION: 1129/2018-2</p> <p>MUESTREO POR: Maricela Camacho Vargas</p>					PARAMETRO
DETALLE DE MUESTREO	CANTIDAD	UNIDAD	FECHA	HORA	VALOR	
	R-TINC-01	As	22/02/18	06:51 AM	86454	PARAMETRO
	R-TINC-02	As	22/02/18	07:50 AM	86455	
	R-TINC-03	As	22/02/18	09:20 AM	86456	PARAMETRO
	R-TINC-04	As	22/02/18	10:45 AM	86457	
	R-TINC-05	As	22/02/18	11:45 AM	86458	PARAMETRO
OBSERVACIONES						
<p>Porcentaje de residuos (plásticos) presentes en muestra (agua) y aluminio (residuo)</p> <p>Residuo</p>						

[Firma]

Fernando Acuña Vargas
Asistente de Recepción de Muestras
ALS LS Perú S.A.C

<p>Entregado por: Maricela Camacho Vargas</p> <p>Fecha: 26/02/18</p> <p>Hora de entrega: 7:28 PM</p>	<p>Recibido en laboratorio por: ALS LS Perú S.A.C</p> <p>Fecha: 26/02/2018</p> <p>Hora de recepción: 20:30</p>
---	---

Si	No	Comentarios:
Recipiente etiquetado:	<input type="checkbox"/>	
Dentro del tiempo de conservación:	<input type="checkbox"/>	
Correctamente preseleccionadas:	<input type="checkbox"/>	

(1) Tipo de muestra:
 (2) Información basada en recepción de muestra.
 (3) Cálculo permitido si corresponde.
 * Agua de fuente o agua potable proveniente de tipo de Agua de Ingestión Alcantarada.
 ** Agua potable, Agua de Mera y Agua Embotellada corresponden al tipo de Agua de Beber.

Revisión: 14
Fecha de Revisión: 02/10/2017

ANEXO 2

INFORMES DE ENSAYO DE

LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO: 26144/2017

Maricela Diana Camacho Vargas

Santiago de Surco Lima

Análisis de Metales en Agua Superficial

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 06/07/2017



Quím. Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Sup. Emisión Informes – Lima

Renovación de Acreditación a Corporación Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C.
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 5

INFORME DE ENSAYO: 26144/2017

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

Nº ALS - CORPLAB				241632/2017-1.0	241633/2017-1.0	241634/2017-1.0
Fecha de Muestreo				17/06/2017	17/06/2017	17/06/2017
Hora de Muestreo				07:10:00	08:12:00	09:34:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-01	R-TINC-02	R-TINC-03
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales						
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	0,066	0,082	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	0,06	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	0,003	0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0199	0,0191	0,0199
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	58,29	54,31	50,02
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,184	0,187	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,06	0,89	0,67
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	8,38	7,21	8,39
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	0,0714	0,0715	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	3,1	2,9	1,9
Níquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Estañio (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4525	0,4467	0,4581
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	0,031	0,027	< 0,001

Nº ALS - CORPLAB				241635/2017-1.0	241638/2017-1.0
Fecha de Muestreo				17/06/2017	17/06/2017
Hora de Muestreo				10:35:00	11:35:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-04	R-TINC-05
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales					
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0304	0,0321
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	75,99	64,11
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	0,94	0,87

INFORME DE ENSAYO: 26144/2017

Nº ALS - CORPLAB				241635/2017-1.0	241638/2017-1.0
Fecha de Muestreo				17/06/2017	17/06/2017
Hora de Muestreo				10:35:00	11:35:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales R-TINC-04	Aguas Superficiales R-TINC-05
Identificación					
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	24,38	21,09
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	1,1	1,0
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,7726	0,6783
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Reporte
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	28/06/2017
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	28/06/2017
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	28/06/2017
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	28/06/2017
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	28/06/2017
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	28/06/2017
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	28/06/2017
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	28/06/2017
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	28/06/2017
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	28/06/2017
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	28/06/2017
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	28/06/2017
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	28/06/2017
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	28/06/2017
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	28/06/2017
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	28/06/2017
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	28/06/2017
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	28/06/2017
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	28/06/2017
Niquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	28/06/2017
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	28/06/2017
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	28/06/2017
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	28/06/2017
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	28/06/2017
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	28/06/2017
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	28/06/2017
Titanio (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	28/06/2017
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	28/06/2017
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	28/06/2017

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Reporte
Aluminio (Al)	96	80-120	28/06/2017

INFORME DE ENSAYO: 26144/2017

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Reporte
Antimonio (Sb)	99	80-120	28/06/2017
Arsénico (As)	95	80-120	28/06/2017
Bario (Ba)	100	80-120	28/06/2017
Berilio (Be)	88	80-120	28/06/2017
Boro (B)	94	80-120	28/06/2017
Cadmio (Cd)	115	80-120	28/06/2017
Calcio (Ca)	95	80-120	28/06/2017
Cobalto (Co)	94	80-120	28/06/2017
Cobre (Cu)	95	80-120	28/06/2017
Cromo (Cr)	98	80-120	28/06/2017
Estaño (Sn)	95	80-120	28/06/2017
Estroncio (Sr)	98	80-120	28/06/2017
Fosforo (P)	100	80-120	28/06/2017
Hierro (Fe)	95	80-120	28/06/2017
Litio (Li)	84	80-120	28/06/2017
Magnesio (Mg)	95	80-120	28/06/2017
Manganeso (Mn)	96	80-120	28/06/2017
Molibdeno (Mo)	97	80-120	28/06/2017
Niquel (Ni)	92	80-120	28/06/2017
Plata (Ag)	96	80-120	28/06/2017
Plomo (Pb)	98	80-120	28/06/2017
Potasio (K)	110	80-120	28/06/2017
Selenio (Se)	95	80-120	28/06/2017
Sodio (Na)	98	80-120	28/06/2017
Talio (Tl)	97	80-120	28/06/2017
Titanio (Ti)	98	80-120	28/06/2017
Vanadio (V)	98	80-120	28/06/2017
Zinc (Zn)	96	80-120	28/06/2017

LD = Límite de detección

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
R-TINC-01	Cliente	Aguas Superficiales	20/06/2017	17/06/2017	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-02	Cliente	Aguas Superficiales	20/06/2017	17/06/2017	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-03	Cliente	Aguas Superficiales	20/06/2017	17/06/2017	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-04	Cliente	Aguas Superficiales	20/06/2017	17/06/2017	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-05	Cliente	Aguas Superficiales	20/06/2017	17/06/2017	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
10602	LME	Metales Totales por ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010 A, Rev. 2 December 1996	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 26144/2017, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS, visitar el sitio Web www.corplab.net e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
R-TINC-01	241632/2017-1.0	lmpptpro&2236142
R-TINC-02	241633/2017-1.0	mmptpro&2336142

INFORME DE ENSAYO: 26144/2017

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
R-TINC-03	241634/2017-1.0	nmptpro&2436142
R-TINC-04	241635/2017-1.0	omptpro&2536142
R-TINC-05	241638/2017-1.0	pmptpro&2836142

ALS asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C, su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO: 32648/2017

Maricela Diana Camacho Vargas

Santiago de Surco Lima Lima

Análisis de Metales en Agua Superficial.

Emitido por: Evelyn Miñan Castillo

Fecha de Emisión: 07/08/2017



Quím. Evelyn Miñan Castillo

CQP: 778

Jefe de Calidad – UEN Perú

Renovación de Acreditación a Corporación Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C.
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 5

INFORME DE ENSAYO: 32648/2017

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

Nº ALS - CORPLAB				299837/2017-1.0	299843/2017-1.0	299849/2017-1.0
Fecha de Muestreo				27/07/2017	27/07/2017	27/07/2017
Hora de Muestreo				06:59:00	08:15:00	09:16:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-01	R-TINC-02	R-TINC-03
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales						
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	1,435
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	0,004	0,005	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0174	0,0172	0,0250
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	58,12	59,05	49,96
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,215	0,122	0,884
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	0,94	0,84	0,76
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	7,91	7,06	8,53
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	0,0846	0,1159	0,0340
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	3,0	3,1	2,0
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4274	0,4336	0,4535
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	0,047
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	0,015	0,017	< 0,001

Nº ALS - CORPLAB				299850/2017-1.1	299851/2017-1.0
Fecha de Muestreo				27/07/2017	27/07/2017
Hora de Muestreo				10:27:00	11:53:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-04	R-TINC-05
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales					
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0252	0,0294
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	80,22	68,39
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	0,030
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	0,71	0,77
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02

INFORME DE ENSAYO: 32648/2017

Nº ALS - CORPLAB		299850/2017-1.1		299851/2017-1.0	
Fecha de Muestreo		27/07/2017		27/07/2017	
Hora de Muestreo		10:27:00		11:53:00	
Tipo de Muestra		Aguas Superficiales		Aguas Superficiales	
Identificación		R-TINC-04		R-TINC-05	
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	25,93	24,32
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	0,8	0,8
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,8114	0,7714
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Reporte
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	05/08/2017
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	05/08/2017
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	05/08/2017
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	05/08/2017
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	05/08/2017
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	05/08/2017
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	05/08/2017
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	05/08/2017
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	05/08/2017
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	05/08/2017
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	05/08/2017
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	05/08/2017
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	05/08/2017
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	05/08/2017
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	05/08/2017
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	05/08/2017
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	05/08/2017
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	05/08/2017
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	05/08/2017
Niquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	05/08/2017
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	05/08/2017
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	05/08/2017
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	05/08/2017
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	05/08/2017
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	05/08/2017
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	05/08/2017
Titanio (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	05/08/2017
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	05/08/2017
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	05/08/2017

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Reporte
Aluminio (Al)	89	80-120	05/08/2017
Antimonio (Sb)	89	80-120	05/08/2017
Arsénico (As)	88	80-120	05/08/2017
Bario (Ba)	89	80-120	05/08/2017
Berilio (Be)	90	80-120	05/08/2017

INFORME DE ENSAYO: 32648/2017

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Reporte
Boro (B)	90	80-120	05/08/2017
Cadmio (Cd)	106	80-120	05/08/2017
Calcio (Ca)	86	80-120	05/08/2017
Cobalto (Co)	89	80-120	05/08/2017
Cobre (Cu)	86	80-120	05/08/2017
Cromo (Cr)	87	80-120	05/08/2017
Estaño (Sn)	84	80-120	05/08/2017
Estroncio (Sr)	91	80-120	05/08/2017
Fosforo (P)	88	80-120	05/08/2017
Hierro (Fe)	89	80-120	05/08/2017
Litio (Li)	88	80-120	05/08/2017
Magnesio (Mg)	86	80-120	05/08/2017
Manganeso (Mn)	89	80-120	05/08/2017
Molibdeno (Mo)	88	80-120	05/08/2017
Niquel (Ni)	87	80-120	05/08/2017
Plata (Ag)	92	80-120	05/08/2017
Plomo (Pb)	88	80-120	05/08/2017
Potasio (K)	96	80-120	05/08/2017
Selenio (Se)	89	80-120	05/08/2017
Sodio (Na)	83	80-120	05/08/2017
Talio (Tl)	92	80-120	05/08/2017
Titanio (Ti)	90	80-120	05/08/2017
Vanadio (V)	89	80-120	05/08/2017
Zinc (Zn)	92	80-120	05/08/2017

LD = Límite de detección

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
R-TINC-01	Cliente	Aguas Superficiales	31/07/2017	27/07/2017	8646630N 420737E	18	Proporcionado por el cliente	Reservado por el Cliente.
R-TINC-02	Cliente	Aguas Superficiales	31/07/2017	27/07/2017	8643786N 423640E	18	Proporcionado por el cliente	Reservado por el Cliente.
R-TINC-03	Cliente	Aguas Superficiales	31/07/2017	27/07/2017	8641775N 424718E	18	Proporcionado por el cliente	Reservado por el Cliente.
R-TINC-04	Cliente	Aguas Superficiales	31/07/2017	27/07/2017	8642101N 426055E	18	Proporcionado por el cliente	Reservado por el Cliente.
R-TINC-05	Cliente	Aguas Superficiales	31/07/2017	27/07/2017	8642548N 427332E	18	Proporcionado por el cliente	Reservado por el Cliente.

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
10602	LME	Metales Totales por ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010 A, Rev. 2 December 1996	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 32648/2017, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS, visitar el sitio Web www.corplab.net e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
R-TINC-01	299837/2017-1.0	tuprnso&2738992
R-TINC-02	299843/2017-1.0	uuprnso&2348992
R-TINC-03	299849/2017-1.0	llqrns&2948992
R-TINC-04	299850/2017-1.1	nnsprso&2058992
R-TINC-05	299851/2017-1.0	nlqrns&2158992

ALS asegurando la marca y prestigio de su empresa.

INFORME DE ENSAYO: 39299/2017

Maricela Diana Camacho Vargas

Santiago de Surco Lima

Análisis de Metales en Agua Superficial

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 07/09/2017



Quím. Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Sup. Emisión Informes – Lima

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 5

INFORME DE ENSAYO: 39299/2017

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

				352382/2017-1.0	352383/2017-1.0	352386/2017-1.0
Nº ALS LS						
Fecha de Muestreo				26/08/2017	26/08/2017	26/08/2017
Hora de Muestreo				06:38:00	08:10:00	09:40:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-01	R-TINC-02	R-TINC-03
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales						
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0172	0,0162	0,0178
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	65,77	62,70	53,26
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,100	0,123	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,14	1,01	0,76
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	8,47	7,06	8,15
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	0,0800	0,1033	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	3,1	3,1	2,0
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4509	0,4255	0,4590
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

				352388/2017-1.0	352389/2017-1.0
Nº ALS LS					
Fecha de Muestreo				26/08/2017	26/08/2017
Hora de Muestreo				11:30:00	12:30:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-04	R-TINC-05
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales					
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0265	0,0274
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	91,65	75,13
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,00	0,98

INFORME DE ENSAYO: 39299/2017

N° ALS LS		352388/2017-1.0	352389/2017-1.0		
Fecha de Muestreo		26/08/2017	26/08/2017		
Hora de Muestreo		11:30:00	12:30:00		
Tipo de Muestra		Aguas Superficiales	Aguas Superficiales		
Identificación		R-TINC-04	R-TINC-05		
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	29,75	26,80
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	1,0	0,9
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,9339	0,8410
Titano (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001

CONTROLES DE CALIDAD
Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Reporte
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	05/09/2017
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	05/09/2017
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	05/09/2017
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	05/09/2017
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	05/09/2017
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	05/09/2017
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	05/09/2017
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	05/09/2017
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	05/09/2017
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	05/09/2017
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	05/09/2017
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	05/09/2017
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	05/09/2017
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	05/09/2017
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	05/09/2017
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	05/09/2017
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	05/09/2017
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	05/09/2017
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	05/09/2017
Niquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	05/09/2017
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	05/09/2017
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	05/09/2017
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	05/09/2017
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	05/09/2017
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	05/09/2017
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	05/09/2017
Titano (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	05/09/2017
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	05/09/2017
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	05/09/2017

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Reporte
Aluminio (Al)	94	80-120	05/09/2017

INFORME DE ENSAYO: 39299/2017

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Reporte
Antimonio (Sb)	96	80-120	05/09/2017
Arsénico (As)	96	80-120	05/09/2017
Bario (Ba)	93	80-120	05/09/2017
Berilio (Be)	87	80-120	05/09/2017
Boro (B)	95	80-120	05/09/2017
Cadmio (Cd)	98	80-120	05/09/2017
Calcio (Ca)	94	80-120	05/09/2017
Cobalto (Co)	90	80-120	05/09/2017
Cobre (Cu)	89	80-120	05/09/2017
Cromo (Cr)	95	80-120	05/09/2017
Estaño (Sn)	110	80-120	05/09/2017
Estroncio (Sr)	94	80-120	05/09/2017
Fosforo (P)	108	80-120	05/09/2017
Hierro (Fe)	89	80-120	05/09/2017
Litio (Li)	90	80-120	05/09/2017
Magnesio (Mg)	94	80-120	05/09/2017
Manganeso (Mn)	93	80-120	05/09/2017
Molibdeno (Mo)	107	80-120	05/09/2017
Niquel (Ni)	91	80-120	05/09/2017
Plata (Ag)	93	80-120	05/09/2017
Plomo (Pb)	88	80-120	05/09/2017
Potasio (K)	108	80-120	05/09/2017
Selenio (Se)	95	80-120	05/09/2017
Sodio (Na)	88	80-120	05/09/2017
Talio (Tl)	86	80-120	05/09/2017
Titanio (Ti)	107	80-120	05/09/2017
Vanadio (V)	95	80-120	05/09/2017
Zinc (Zn)	92	80-120	05/09/2017

LD = Límite de detección

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
R-TINC-01	Cliente	Aguas Superficiales	01/09/2017	26/08/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-02	Cliente	Aguas Superficiales	01/09/2017	26/08/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-03	Cliente	Aguas Superficiales	01/09/2017	26/08/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-04	Cliente	Aguas Superficiales	01/09/2017	26/08/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-05	Cliente	Aguas Superficiales	01/09/2017	26/08/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
10602	LME	Metales Totales por ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010 A, Rev. 2 December 1996	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 39299/2017, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web www.alsglobal.com e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
R-TINC-01	352382/2017-1.0	uulruso&3283253

INFORME DE ENSAYO: 39299/2017

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
R-TINC-02	352383/2017-1.0	llmruso&3383253
R-TINC-03	352386/2017-1.0	mImruso&3683253
R-TINC-04	352388/2017-1.0	nImruso&3883253
R-TINC-05	352389/2017-1.0	oImruso&3983253

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

ALS LS Perú S.A.C. cuenta con la acreditación vigente de Corporación Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C. mediante registro LE-029, a partir del 01 de Setiembre del 2017.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO: 58714/2017

Maricela Diana Camacho Vargas

Santiago de Surco Lima Lima

Análisis de Calidad de Agua Superficial - Diciembre

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 29/12/2017



Quím. Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Sup. Emisión Informes – Lima

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 5

INFORME DE ENSAYO: 58714/2017

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 2

Nº ALS LS				531231/2017-1.0	531232/2017-1.0	531233/2017-1.0
Fecha de Muestreo				08/12/2017	08/12/2017	08/12/2017
Hora de Muestreo				06:19:00	07:50:00	09:20:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-01	R-TINC-02	R-TINC-03
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales						
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0191	0,0186	0,0200
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	69,41	66,50	56,55
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,090	0,128	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,31	1,10	0,72
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	9,14	7,69	8,96
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	0,0673	0,0972	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	4,3	4,2	2,3
Níquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,5236	0,5060	0,5492
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Nº ALS LS				531234/2017-1.0	531235/2017-1.0
Fecha de Muestreo				08/12/2017	08/12/2017
Hora de Muestreo				11:11:00	12:10:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-04	R-TINC-05
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales					
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0280	0,0304
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	86,23	74,18
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,03	1,01
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	28,91	25,95

INFORME DE ENSAYO: 58714/2017

Nº ALS LS		531234/2017-1.0	531235/2017-1.0		
Fecha de Muestreo		08/12/2017	08/12/2017		
Hora de Muestreo		11:11:00	12:10:00		
Tipo de Muestra		Aguas Superficiales	Aguas Superficiales		
Identificación		R-TINC-04	R-TINC-05		
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	0,7	0,6
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	0,03
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,9146	0,8174
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001

Observaciones

LD = Limite de detección.

CONTROLES DE CALIDAD
Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	27/12/2017
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	27/12/2017
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	27/12/2017
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	27/12/2017
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	27/12/2017
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	27/12/2017
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	27/12/2017
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	27/12/2017
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	27/12/2017
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	27/12/2017
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	27/12/2017
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	27/12/2017
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	27/12/2017
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	27/12/2017
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	27/12/2017
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	27/12/2017
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	27/12/2017
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	27/12/2017
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	27/12/2017
Niquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	27/12/2017
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	27/12/2017
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	27/12/2017
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	27/12/2017
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	27/12/2017
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	27/12/2017
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	27/12/2017
Titanio (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	27/12/2017
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	27/12/2017
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	27/12/2017

INFORME DE ENSAYO: 58714/2017

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	96	80-120	27/12/2017
Antimonio (Sb)	98	80-120	27/12/2017
Arsénico (As)	97	80-120	27/12/2017
Bario (Ba)	95	80-120	27/12/2017
Berilio (Be)	93	80-120	27/12/2017
Boro (B)	99	80-120	27/12/2017
Cadmio (Cd)	104	80-120	27/12/2017
Calcio (Ca)	88	80-120	27/12/2017
Cobalto (Co)	93	80-120	27/12/2017
Cobre (Cu)	95	80-120	27/12/2017
Cromo (Cr)	95	80-120	27/12/2017
Estaño (Sn)	95	80-120	27/12/2017
Estroncio (Sr)	97	80-120	27/12/2017
Fosforo (P)	98	80-120	27/12/2017
Hierro (Fe)	91	80-120	27/12/2017
Litio (Li)	97	80-120	27/12/2017
Magnesio (Mg)	91	80-120	27/12/2017
Manganeso (Mn)	93	80-120	27/12/2017
Molibdeno (Mo)	91	80-120	27/12/2017
Niquel (Ni)	94	80-120	27/12/2017
Plata (Ag)	101	80-120	27/12/2017
Plomo (Pb)	107	80-120	27/12/2017
Potasio (K)	118	80-120	27/12/2017
Selenio (Se)	98	80-120	27/12/2017
Sodio (Na)	104	80-120	27/12/2017
Talio (Tl)	100	80-120	27/12/2017
Titanio (Ti)	96	80-120	27/12/2017
Vanadio (V)	92	80-120	27/12/2017
Zinc (Zn)	93	80-120	27/12/2017

LD = Límite de detección.

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en las instalaciones del laboratorio, se refiere a las fechas indicadas en las tablas de Controles de Calidad. No Aplica para ensayos tercerizados.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
R-TINC-01	Cliente	Aguas Superficiales	11/12/2017	08/12/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-02	Cliente	Aguas Superficiales	11/12/2017	08/12/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-03	Cliente	Aguas Superficiales	11/12/2017	08/12/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-04	Cliente	Aguas Superficiales	11/12/2017	08/12/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-05	Cliente	Aguas Superficiales	11/12/2017	08/12/2017	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
10602	LME	Metales Totales por ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010 A, Rev. 2 December 1996	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

INFORME DE ENSAYO: 58714/2017

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 58714/2017, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web www.alsglobal.com e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
R-TINC-01	531231/2017-1.0	rnsislp&5132135
R-TINC-02	531232/2017-1.0	onsislp&5232135
R-TINC-03	531233/2017-1.0	pnsislp&5332135
R-TINC-04	531234/2017-1.0	qnsislp&5432135
R-TINC-05	531235/2017-1.0	rnsislp&5532135

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en campo (Análisis en Campo) corresponden a las fechas de muestreo.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO: 4644/2018

Maricela Diana Camacho Vargas

Santiago de Surco Lima Lima

Análisis de Calidad de Agua Superficial.

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 02/02/2018



Quím. Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Sup. Emisión Informes – Lima

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 5

INFORME DE ENSAYO: 4644/2018

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

Nº ALS LS				43553/2018-1.0	43554/2018-1.0	43555/2018-1.0
Fecha de Muestreo				27/01/2018	27/01/2018	27/01/2018
Hora de Muestreo				06:30:00	07:40:00	08:36:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-01	R-TINC-02	R-TINC-03
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales						
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	0,101	0,153	0,103
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0257	0,0220	0,0244
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	63,20	61,38	58,00
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,150	0,168	0,110
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,46	1,12	1,04
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	10,09	9,42	10,71
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	0,0497	0,0550	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	2,9	2,5	1,8
Níquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4280	0,4444	0,4605
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	0,025	0,032	< 0,001

Nº ALS LS				43556/2018-1.0	43557/2018-1.0
Fecha de Muestreo				27/01/2018	27/01/2018
Hora de Muestreo				11:15:00	12:15:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-04	R-TINC-05
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales					
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0325	0,0337
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	58,39	53,75
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,059	0,046
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,38	1,41
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02

INFORME DE ENSAYO: 4644/2018

Nº ALS LS	43556/2018-1.0	43557/2018-1.0			
Fecha de Muestreo	27/01/2018	27/01/2018			
Hora de Muestreo	11:15:00	12:15:00			
Tipo de Muestra	Aguas Superficiales R-TINC-04	Aguas Superficiales R-TINC-05			
Identificación					
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	16,07	14,58
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	0,8	0,7
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4798	0,4364
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001

Observaciones

LD = Limite de detección.

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	31/01/2018
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	31/01/2018
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	31/01/2018
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	31/01/2018
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	31/01/2018
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	31/01/2018
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	31/01/2018
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	31/01/2018
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	31/01/2018
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	31/01/2018
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	31/01/2018
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	31/01/2018
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	31/01/2018
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	31/01/2018
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	31/01/2018
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	31/01/2018
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	31/01/2018
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	31/01/2018
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	31/01/2018
Niquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	31/01/2018
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	31/01/2018
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	31/01/2018
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	31/01/2018
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	31/01/2018
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	31/01/2018
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	31/01/2018
Titanio (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	31/01/2018
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	31/01/2018
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	31/01/2018

INFORME DE ENSAYO: 4644/2018

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	102	80-120	31/01/2018
Antimonio (Sb)	101	80-120	31/01/2018
Arsénico (As)	100	80-120	31/01/2018
Bario (Ba)	97	80-120	31/01/2018
Berilio (Be)	100	80-120	31/01/2018
Boro (B)	96	80-120	31/01/2018
Cadmio (Cd)	109	80-120	31/01/2018
Cálcio (Ca)	104	80-120	31/01/2018
Cobalto (Co)	98	80-120	31/01/2018
Cobre (Cu)	97	80-120	31/01/2018
Cromo (Cr)	101	80-120	31/01/2018
Estaño (Sn)	105	80-120	31/01/2018
Estroncio (Sr)	104	80-120	31/01/2018
Fosforo (P)	99	80-120	31/01/2018
Hierro (Fe)	95	80-120	31/01/2018
Litio (Li)	103	80-120	31/01/2018
Magnesio (Mg)	101	80-120	31/01/2018
Manganeso (Mn)	97	80-120	31/01/2018
Molibdeno (Mo)	99	80-120	31/01/2018
Níquel (Ni)	100	80-120	31/01/2018
Plata (Ag)	100	80-120	31/01/2018
Plomo (Pb)	104	80-120	31/01/2018
Potasio (K)	109	80-120	31/01/2018
Selenio (Se)	103	80-120	31/01/2018
Sodio (Na)	110	80-120	31/01/2018
Talio (Tl)	97	80-120	31/01/2018
Titanio (Ti)	101	80-120	31/01/2018
Vanadio (V)	102	80-120	31/01/2018
Zinc (Zn)	99	80-120	31/01/2018

LD = Límite de detección.

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en las instalaciones del laboratorio, se refiere a las fechas indicadas en las tablas de Controles de Calidad. No Aplica para ensayos tercerizados.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
R-TINC-01	Cliente	Aguas Superficiales	29/01/2018	27/01/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Presencia de residuos plásticos; pedregoso, y excremento ovino.
R-TINC-02	Cliente	Aguas Superficiales	29/01/2018	27/01/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Presencia de residuos plásticos.
R-TINC-03	Cliente	Aguas Superficiales	29/01/2018	27/01/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Presencia de residuos plásticos.
R-TINC-04	Cliente	Aguas Superficiales	29/01/2018	27/01/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Rocoso.
R-TINC-05	Cliente	Aguas Superficiales	29/01/2018	27/01/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Vegetación acuática, excremento ovino.

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
10602	LME	Metales Totales por ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010 A, Rev. 2 December 1996	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

INFORME DE ENSAYO: 4644/2018

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 4644/2018, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web www.alsglobal.com e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
R-TINC-01	43553/2018-1.0	osnltmp&435534
R-TINC-02	43554/2018-1.0	psnltmp&445534
R-TINC-03	43555/2018-1.0	qsnltmp&455534
R-TINC-04	43556/2018-1.0	rsnltmp&465534
R-TINC-05	43557/2018-1.0	ssnltmp&475534

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en campo (Análisis en Campo) corresponden a las fechas de muestreo.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO: 9539/2018

Maricela Diana Camacho Vargas

Santiago de Surco Lima Lima

Análisis de Calidad de Agua Superficial - Febrero.

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 08/03/2018



Quím. Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Sup. Emisión Informes – Lima

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 5

INFORME DE ENSAYO: 9539/2018

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

Nº ALS LS				86454/2018-1.0	86455/2018-1.0	86456/2018-1.0
Fecha de Muestreo				22/02/2018	22/02/2018	22/02/2018
Hora de Muestreo				06:51:00	08:50:00	09:50:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-01	R-TINC-02	R-TINC-03
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales						
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	0,015	0,016	0,013
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0242	0,0209	0,0220
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	58,08	62,18	58,05
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	0,113	0,217	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,01	0,91	0,78
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	8,84	8,99	9,62
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	0,0424	0,0552	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	1,9	2,2	1,5
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4019	0,4618	0,4598
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	0,021	0,020	< 0,001

Nº ALS LS				86457/2018-1.0	86458/2018-1.0
Fecha de Muestreo				22/02/2018	22/02/2018
Hora de Muestreo				10:45:00	11:45:00
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación				R-TINC-04	R-TINC-05
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
007 ANÁLISIS DE METALES - ICP óptico totales					
Plata (Ag)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Aluminio (Al)	10602	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005
Arsénico (As)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Boro (B)	10602	mg/L	0,002	0,012	0,013
Bario (Ba)	10602	mg/L	0,0006	0,0291	0,0312
Berilio (Be)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Calcio (Ca)	10602	mg/L	0,01	54,12	45,52
Cadmio (Cd)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto (Co)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Cromo (Cr)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre (Cu)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Hierro (Fe)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Potasio (K)	10602	mg/L	0,04	1,08	1,52
Litio (Li)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02

INFORME DE ENSAYO: 9539/2018

Nº ALS LS			86457/2018-1.0	86458/2018-1.0
Fecha de Muestreo			22/02/2018	22/02/2018
Hora de Muestreo			10:45:00	11:45:00
Tipo de Muestra			Aguas Superficiales R-TINC-04	Aguas Superficiales R-TINC-05
Identificación				
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	14,41 14,08
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008 < 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003 < 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	0,6 0,7
Níquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006 < 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08 < 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02 < 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02 < 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02 < 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03 < 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4479 0,4085
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001 < 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04 < 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002 < 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001 < 0,001

Observaciones

LD = Límite de detección.

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	01/03/2018
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	01/03/2018
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	01/03/2018
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	01/03/2018
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	01/03/2018
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	01/03/2018
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	01/03/2018
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	01/03/2018
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	01/03/2018
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	01/03/2018
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	01/03/2018
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	01/03/2018
Níquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	01/03/2018
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	01/03/2018
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	01/03/2018
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	01/03/2018
Titanio (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	01/03/2018
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	01/03/2018

INFORME DE ENSAYO: 9539/2018

Nº ALS LS	86457/2018-1.0		86458/2018-1.0		
Fecha de Muestreo	22/02/2018		22/02/2018		
Hora de Muestreo	10:45:00		11:45:00		
Tipo de Muestra	Aguas Superficiales R-TINC-04		Aguas Superficiales R-TINC-05		
Identificación					
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Magnesio (Mg)	10602	mg/L	0,01	14,41	14,08
Manganeso (Mn)	10602	mg/L	0,0008	< 0,0008	< 0,0008
Molibdeno (Mo)	10602	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Sodio (Na)	10602	mg/L	0,3	0,6	0,7
Niquel (Ni)	10602	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Fosforo (P)	10602	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08
Plomo (Pb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Antimonio (Sb)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Selenio (Se)	10602	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02
Estaño (Sn)	10602	mg/L	0,03	< 0,03	< 0,03
Estroncio (Sr)	10602	mg/L	0,0002	0,4479	0,4085
Titanio (Ti)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Talio (Tl)	10602	mg/L	0,04	< 0,04	< 0,04
Vanadio (V)	10602	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Zinc (Zn)	10602	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001

Observaciones

LD = Limite de detección.

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	0,005	mg/L	< 0,005	01/03/2018
Antimonio (Sb)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Arsénico (As)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Bario (Ba)	0,0006	mg/L	< 0,0006	01/03/2018
Berilio (Be)	0,006	mg/L	< 0,006	01/03/2018
Boro (B)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Cadmio (Cd)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Calcio (Ca)	0,01	mg/L	< 0,01	01/03/2018
Cobalto (Co)	0,003	mg/L	< 0,003	01/03/2018
Cobre (Cu)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Cromo (Cr)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Estaño (Sn)	0,03	mg/L	< 0,03	01/03/2018
Estroncio (Sr)	0,0002	mg/L	< 0,0002	01/03/2018
Fosforo (P)	0,08	mg/L	< 0,08	01/03/2018
Hierro (Fe)	0,006	mg/L	< 0,006	01/03/2018
Litio (Li)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	< 0,01	01/03/2018
Manganeso (Mn)	0,0008	mg/L	< 0,0008	01/03/2018
Molibdeno (Mo)	0,003	mg/L	< 0,003	01/03/2018
Niquel (Ni)	0,006	mg/L	< 0,006	01/03/2018
Plata (Ag)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Plomo (Pb)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Potasio (K)	0,04	mg/L	< 0,04	01/03/2018
Selenio (Se)	0,02	mg/L	< 0,02	01/03/2018
Sodio (Na)	0,3	mg/L	< 0,3	01/03/2018
Talio (Tl)	0,04	mg/L	< 0,04	01/03/2018
Titanio (Ti)	0,001	mg/L	< 0,001	01/03/2018
Vanadio (V)	0,002	mg/L	< 0,002	01/03/2018
Zinc (Zn)	0,001	mg/L	< 0,001	01/03/2018

INFORME DE ENSAYO: 9539/2018

Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Aluminio (Al)	93	80-120	01/03/2018
Antimonio (Sb)	92	80-120	01/03/2018
Arsénico (As)	90	80-120	01/03/2018
Bario (Ba)	92	80-120	01/03/2018
Berilio (Be)	86	80-120	01/03/2018
Boro (B)	95	80-120	01/03/2018
Cadmio (Cd)	105	80-120	01/03/2018
Cálcio (Ca)	86	80-120	01/03/2018
Cobalto (Co)	85	80-120	01/03/2018
Cobre (Cu)	90	80-120	01/03/2018
Cromo (Cr)	90	80-120	01/03/2018
Estaño (Sn)	93	80-120	01/03/2018
Estroncio (Sr)	90	80-120	01/03/2018
Fosforo (P)	90	80-120	01/03/2018
Hierro (Fe)	90	80-120	01/03/2018
Litio (Li)	102	80-120	01/03/2018
Magnesio (Mg)	87	80-120	01/03/2018
Manganeso (Mn)	86	80-120	01/03/2018
Molibdeno (Mo)	89	80-120	01/03/2018
Níquel (Ni)	86	80-120	01/03/2018
Plata (Ag)	89	80-120	01/03/2018
Plomo (Pb)	100	80-120	01/03/2018
Potasio (K)	105	80-120	01/03/2018
Selenio (Se)	91	80-120	01/03/2018
Sodio (Na)	102	80-120	01/03/2018
Talio (Tl)	89	80-120	01/03/2018
Titanio (Ti)	91	80-120	01/03/2018
Vanadio (V)	95	80-120	01/03/2018
Zinc (Zn)	96	80-120	01/03/2018

LD = Límite de detección.

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en las instalaciones del laboratorio, se refiere a las fechas indicadas en las tablas de Controles de Calidad. No Aplica para ensayos tercerizados.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
R-TINC-01	Cliente	Aguas Superficiales	26/02/2018	22/02/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-02	Cliente	Aguas Superficiales	26/02/2018	22/02/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-03	Cliente	Aguas Superficiales	26/02/2018	22/02/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-04	Cliente	Aguas Superficiales	26/02/2018	22/02/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
R-TINC-05	Cliente	Aguas Superficiales	26/02/2018	22/02/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
10602	LME	Metales Totales por ICP-OES	EPA 6010 B / EPA 3010 A, Rev. 2 December 1996	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

INFORME DE ENSAYO: 9539/2018

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 9539/2018, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web www.alsglobal.com e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
R-TINC-01	86454/2018-1.0	npurorp&845468
R-TINC-02	86455/2018-1.0	opurorp&855468
R-TINC-03	86456/2018-1.0	ppurorp&865468
R-TINC-04	86457/2018-1.0	qpurorp&875468
R-TINC-05	86458/2018-1.0	rpurorp&885468

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en campo (Análisis en Campo) corresponden a las fechas de muestreo.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ANEXO 3

Resultados in situ y de laboratorio comparados con el ECA AGUA – Categoría 3

Tabla 13: Fecha y hora de muestreo de las estaciones en ambas épocas

ÉPOCA	Mes de muestreo		Fecha y hora de la estación de muestreo				
			E1	E2	E3	E4	E5
ESTIAJE	JUNIO	Fecha	17/06/2017	17/06/2017	17/06/2017	17/06/2017	17/06/2017
		Hora	07:10 am	08:12 am	09:34 am	10:35 am	11:35 am
	JULIO	Fecha	27/07/2017	27/07/2017	27/07/2017	27/07/2017	27/07/2017
		Hora	06:59 am	08:15 am	09:16 am	10:27 am	11:53 am
	AGOSTO	Fecha	26/08/2017	26/08/2017	26/08/2017	26/08/2017	26/08/2017
		Hora	06:38 am	08:10 am	09:40 am	11:30 am	12:30 pm
AVENIDA	DICIEMBRE	Fecha	08/12/2017	08/12/2017	08/12/2017	08/12/2017	08/12/2017
		Hora	06:19 am	07:50 am	09:20 am	11:11 am	12:10 pm
	ENERO	Fecha	27/01/2018	27/01/2018	27/01/2018	27/01/2018	27/01/2018
		Hora	06:30 am	07:40 am	08:36 am	11:15 am	12:15 pm
	FEBRERO	Fecha	22/02/2018	22/02/2018	22/02/2018	22/02/2018	22/02/2018
		Hora	06:51 am	08:50 am	09:50 am	10:45 am	11:45 am

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 14: Resultados de los parámetros de campo evaluados en agua en época de estiaje

Parámetros de campo evaluados en agua en época de estiaje																		
Parámetros	Unidades	Junio-17	Junio-17	Junio-17	Junio-17	Junio-17	Julio-17	Julio-17	Julio-17	Julio-17	Julio-17	Agosto-17	Agosto-17	Agosto-17	Agosto-17	Agosto-17	ECA Categ 3	
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	Riego de vegetales	Bebida de animales
pH	Unidades	9.40	8.82	8.74	8.82	9.30	9.98	8.98	8.82	9.24	10.2	9.28	8.38	8.98	9.46	9.66	6.5-8.5	6.5-8.4
T°	°C	4.94	3.86	3.66	7.14	8.96	5	4.3	3.58	7.2	9.28	5.00	4.98	5.26	9.12	10.6	Δ 3	Δ 3
CE	μS/cm	276	256	254	450	382	226.	222	190	339.	377.	250	237	207.	441.	396.	2500	5000
OD	mg/L	7.96	8.77	8.54	6.27	6.28	7.92	9.27	7.49	6.33	6.61	8.08	8.97	7.49	7.31	7.83	≥ 4	≥ 5
Turbi dez	NTU	3.39	2.47	1.86	1.77	1.03	2.71	1.73	28.9	0.97	0.97	2.35	1.71	0.85	0.31	0.34	-	-

Caudal	m ³ /seg	2.11	3.4	2.31	0.49	0.15	2.27	2.17	2.31	0.21	0.20	1.84	1.57	1.57	0.27	0.18	-	-
										5		5	3		8	5		

Fuente: Elaboración propia, 2018

 Valor que supera el ECA Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

Tabla 15: Resultados de los parámetros de campo evaluados en agua en época de avenida

Parámetros de campo evaluados en agua en época de avenida																			
Parámetros	Unidades	Dic-17	Dic-17	Dic-17	Dic-17	Dic-17	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Feb-18	Feb-18	Feb-18	Feb-18	Feb-18	ECA Categ 3	
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5		Riego de vegetales	Bebida de animales
pH	Unidades	7.56	7.56	8.08	8.10	8.33	7.30	7.66	7.74	7.86	7.76	8.16	8.44	8.50	8.50	8.34		6.5-8.5	6.5-8.4
T°	°C	7.16	7.04	8.62	10.48	10.72	7	6.32	6.08	11.26	12.56	7.66	7.22	8.18	10.20	12.12		Δ 3	Δ 3
CE	μS/cm	293.8	283.2	252.6	445	368.6	257.8	268.6	254	320.4	306.8	322.6	334.8	323.4	362.4	346.8		2500	5000
OD	mg/L	7.73	7.24	6.95	5.87	6.40	7.73	8.40	8.07	6.07	5.80	7.51	7.72	7.25	6.36	6.59		≥ 4	≥ 5
Turbidez	NTU	7.06	6.02	4.18	2.55	1.14	12.82	11.71	7.65	4.94	4.41	11.58	9.69	6.39	4.95	3.21		-	-

Caudal	m ³ /se	3.83	3.62	4.15	3.09	0.75	3.97	3.55	4.38	3.26	0.88	4.90	3.72	3.93	0.81	0.92	-	-
	g																	

Fuente: Elaboración propia, 2018

 Valor que supera el ECA Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

Tabla 16: Resultados de los parámetros de laboratorio evaluados en agua en época de estiaje

		Parámetros de laboratorio evaluados en agua en época de estiaje															ECA Categ 3	
Parámetros	Unidades	Junio-	Junio	Junio-	Junio	Junio	Julio -	Agost	Agost	Agost	Agost	Agost						
		17	-17	17	-17	-17	17	17	17	17	17	o-17	o-17	o-17	o-17	o-17	Riego de	vegetales
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	Bebida de	animales
METALES TOTALES POR ICP-	Al	mg/L	0,066	0,082	<	<	<	<	<	1,435	<	<	<	<	<	<	5	5
					0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
	As	mg/L	< 0,02	0,06	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,1	0,2
						0,002	0,002	0,002		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		
B	mg/L	0,003	0,002	<	<	<	0,004	0,005	<	<	<	<	<	<	<	<	1	5
					0,030	0,032			0,025	0,025	0,029	0,017	0,016	0,017	0,026	0,027		
Ba	mg/L	0,019	0,019	0,019	0,030	0,032	0,017	0,017	0,025	0,025	0,029	0,017	0,016	0,017	0,026	0,027	0,7	**
		9	1	9	4	1	4	2	0	2	4	2	2	8	5	4		

Be	mg/L	< 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	0,1	0,1
Cd	mg/L	< 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	0,01	0,05
Co	mg/L	< 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	0,05	1
Cr	mg/L	< 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	0,1	1
Cu	mg/L	< 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	0,2	0,5
Fe	mg/L	0,184	0,187	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,215	0,122	0,884	< 0,006	0,030	0,100	0,123	< 0,006	< 0,006	< 0,006	5	**
Li	mg/L	< 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	2,5	2,5
Mg	mg/L	8,38	7,21	8,39	24,38	21,09	7,91	7,06	8,53	25,93	24,32	8,47	7,06	8,15	29,75	26,80	**	250
Mn	mg/L	0,071	0,071	< 0,000	< 0,000	< 0,000	0,084	0,115	0,034	< 0,000	< 0,000	0,080	0,103	< 0,000	< 0,000	< 0,000	0,2	0,2
		4	5	8	8	8	6	9	0	0,000	0,000	0	3	0,000	0,000	0,000		
										8	8			8	8	8		
Ni	mg/L	< 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	0,2	1
Pb	mg/L	< 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	0,05	0,05

Se	mg/L	< 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	0,05
Zn	mg/L	0,031	0,027	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,015	0,017	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2	24

Fuente: Elaboración propia, 2018

 Valor que supera el ECA Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

Tabla 17: Resultados de los parámetros de laboratorio evaluados en agua en época de avenida

		Parámetros de laboratorio evaluados en agua en época de avenida															ECA Categ 3	
Parámetros	Unidades	Dic-17	Dic-17	Dic-17	Dic-17	Dic-17	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Ener-18	Feb-18	Feb-18	Feb-18	Feb-18	Feb-18		
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	de Riego	de vegetales
Al	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,101	0,153	0,103	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	5	5
As	mg/L	< 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	0,1	0,2
B	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,015	0,016	0,013	0,012	0,013	1	5
Ba	mg/L	0,0191	0,018	0,020	0,028	0,030	0,025	0,022	0,024	0,032	0,033	0,024	0,020	0,022	0,029	0,031	0,7	**

METALES TOTALES POR ICP-OES	Be	mg/L	< 0,006	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,1	0,1		
				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			
	Cd	mg/L	< 0,002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,01	0,05	
				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		
	Co	mg/L	< 0,003	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,05	1	
				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		
	Cr	mg/L	< 0,002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,1	1	
				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		
	Cu	mg/L	< 0,002	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,2	0,5	
				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		
Fe	mg/L	0,090	0,128	<	<	<	0,150	0,168	0,110	0,059	0,046	0,113	0,217	<	<	<	5	**		
			0,006	0,006	0,006									0,006	0,006	0,006				
Li	mg/L	< 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	2,5	2,5		
Mg	mg/L	9,14	7,69	8,96	28,91	25,95	10,09	9,42	10,71	16,07	14,58	8,84	8,99	9,62	14,41	14,08	**	250		
Mn	mg/L	0,0673	0,097	<	<	<	0,049	0,055	<	<	<	0,042	0,055	<	<	<	0,2	0,2		
			2	0,000	0,000	0,000	7	0	0,000	0,000	0,000	4	2	0,000	0,000	0,000				
				8	8	8			8	8	8			8	8	8				
Ni	mg/L	< 0,003	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,2	1		
			0,003	0,003	0,003	0,003	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006			
Pb	mg/L	< 0,006	<	<	<	<	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05	0,05		
			0,006	0,006	0,006	0,006														

Se	mg/L	< 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	0,05
Zn	mg/L	< 0,001	<	<	<	<	0,025	0,032	<	<	<	0,021	0,020	<	<	<	2	24
			0,001	0,001	0,001	0,001			0,001	0,001	0,001			0,001	0,001	0,001		

Fuente: Elaboración propia, 2018

 Valor que supera el ECA Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

ANEXO 4

CORRELACIÓN DE PEARSON

Figura 77. Mes de Junio (época de estiaje) en la matriz de Pearson

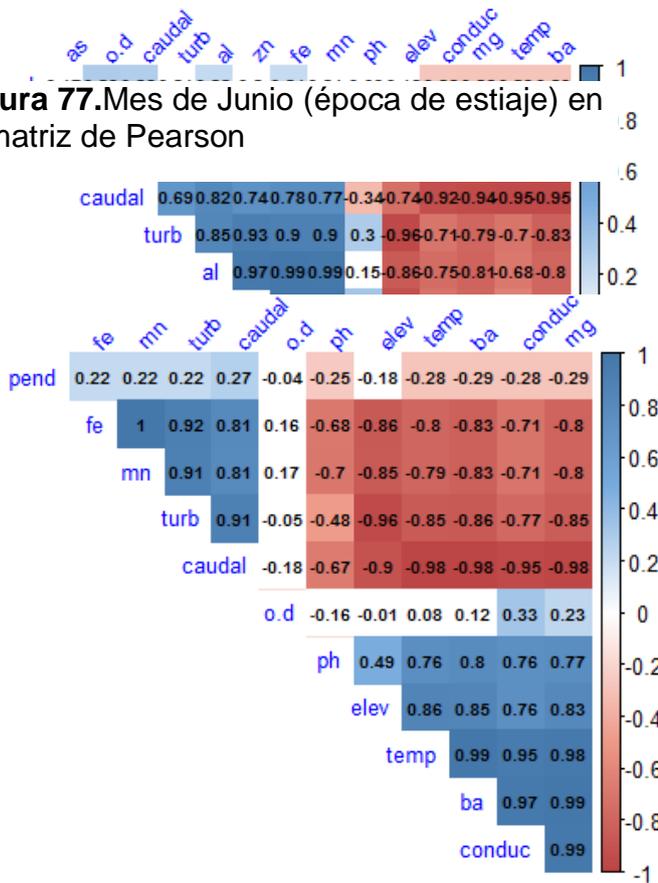


Figura 76. Mes de Julio (época de estiaje) en la matriz de Pearson

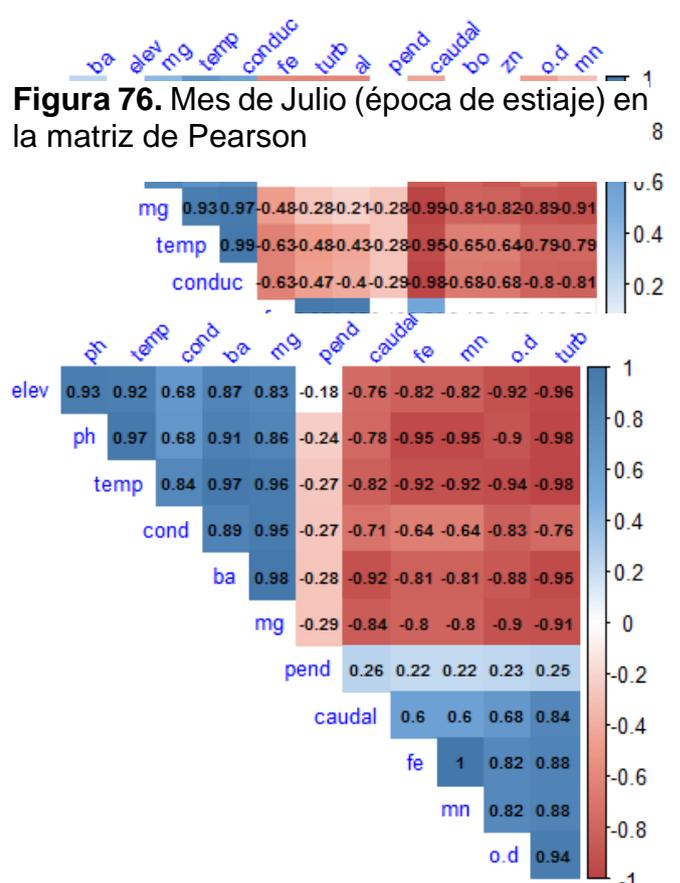


Figura 78. Mes de Agosto (época de estiaje) en la matriz de Pearson

Figura 79. Mes de Diciembre (época de avenida) en la matriz de Pearson

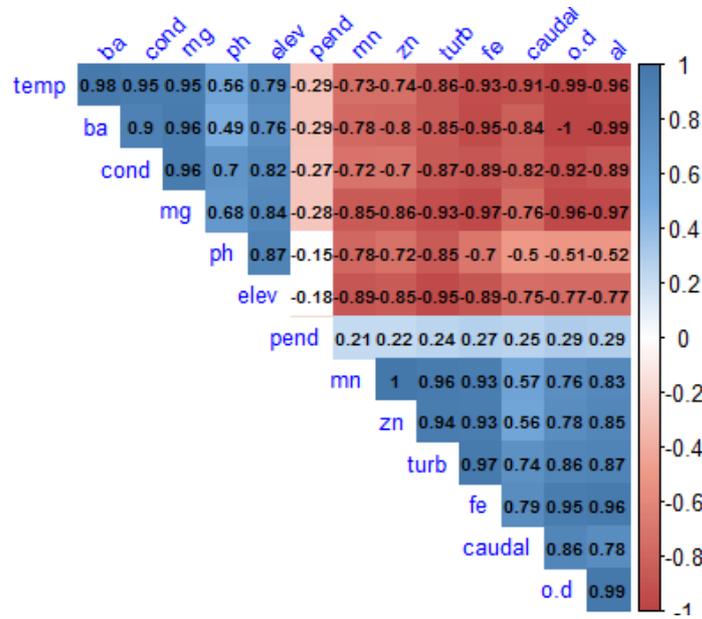


Figura 80. Mes de Enero (época de avenida) en la matriz de Pearson

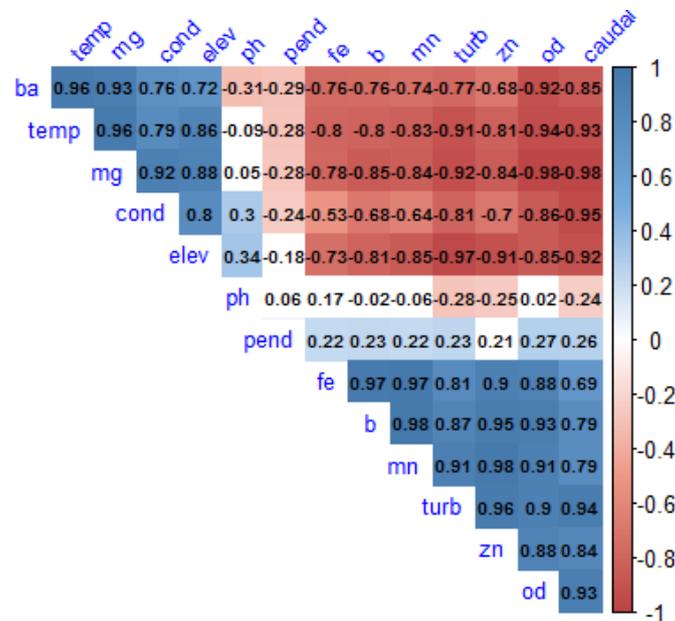


Figura 81. Mes de Febrero (época de avenida) en la matriz de Pearson

ANEXO 5

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 82. Medición de parámetros *in situ* en época de estiaje en la estación E1
Figura 83. Medición de parámetros *in situ* en época de avenida en la estación E1



Figura 84. Medición de parámetros *in situ* en época de estiaje en la estación E2



Figura 85. Medición de parámetros *in situ* en época de avenida en la estación E2



Figura 86. Medición de parámetros *in situ* en época de estiaje en la estación E3



Figura 87. Medición de parámetros *in situ* en época de avenida en la estación E3



Figura 88. Medición de parámetros *in situ* en época de estiaje en la estación E4



Figura 89. Medición de parámetros *in situ* en época de avenida en la estación E4



Figura 90. Medición de parámetros *in situ* en época de estiaje en la estación E5



Figura 91. Medición de parámetros *in situ* en época de avenida en la estación E5



Figura 92. Toma de muestra de agua para el análisis en laboratorio por el método ICP-OES para metales totales



Figura 93. Preservación de la muestra de agua con ácido nítrico HNO_3 a 0.1 mL



Figura 94. Medición del ancho del río para la hallar el caudal



Figura 95. Medición de la profundidad del río para la medición del caudal



Figura 96. Toma de muestra de agua con brazo extensor en época de avenida en la estación E2



Figura 97. Equipos de monitoreo in situ



Figura 98. Apuntes de los parámetros evaluados en campo



Figura 99. Presencia de residuos sólidos en la estación E1 en ambas épocas



Figura 100. Presencia de excremento ovino en la estación E1



Figura 101. Presencia de excremento ovino en la estación E2 y presencia mínima de residuos sólidos



Figura 102. Presencia de residuos sólidos en la estación E3



Figura 103. Fuente puntual contaminante inoperativa en comunidad Tinco, tubería conectada al cauce



Figura 104. Fuente indirecta por infiltración, unidad colapsada e inoperativa de la comunidad Huancachi.



Figura 105. Punto de vertimiento/efluente autorizado de la Unidad Yauricocha.

ANEXO 6

Certificado de acreditación del laboratorio por INACAL

