

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

**Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental
Ciclo Optativo de Especialización y Profesionalización**



**“EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA
DEL RÍO RÍMAC (RIEGO), DE ENERO A AGOSTO DEL 2011,
EN TRES PUNTOS DE MONITOREO”**

Trabajo de Titulación para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Zulema Ivone Castillo Ticllacuri

INGENIERO FORESTAL

Vanessa Medina Vivanco

Lima – Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
GESTIÓN DE CALIDAD Y AUDITORÍA AMBIENTAL
CICLO OPTATIVO DE ESPECIALIZACIÓN Y PROFESIONALIZACIÓN

**“EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA
DEL RÍO RÍMAC (RIEGO), DE ENERO A AGOSTO DEL 2011,
EN TRES PUNTOS DE MONITOREO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO
ZULEMA IVONE CASTILLO TICLLACURI

INGENIERO FORESTAL
VANESSA MEDINA VIVANCO

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

Mg. Sc. Juan Guerrero Barrantes
PRESIDENTE

Mg. Sc. Carlos Llerena Pinto
ASESOR

Mg. Quim. Lizardo Visitación Figueroa
CO ASESOR

Ing. Ulises Osorio Ángeles
MIEMBRO

Ing. Rosa María Hermoza Espezua
MIEMBRO

LIMA - PERÚ
2014

DEDICATORIA

A nuestras familias quienes con su amor, ánimos y paciencia nos impulsaron para tener la constancia de llegar al final y poder concluir una etapa importante de nuestra vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos especialmente a nuestros profesores asesores que sin su valioso apoyo no hubiéramos podido concluir con el trabajo. Y a aquellas personas que con su apreciable disposición y sugerencias aportaron para culminar nuestro trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA Y DEL RÍO RÍMAC	3
2.2. FACTORES INFLUYENTES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL RÍO RÍMAC	5
2.3. CALIDAD DEL AGUA.....	8
2.3.1. PROPIEDADES DEL AGUA.....	9
2.3.2. CALIDAD DEL AGUA Y SU APTITUD PARA LAS ACTIVIDADES DE RIEGO	10
2.4. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA.....	13
2.4.1. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA DE LA NATIONAL SANITATION FOUNDATION DE LOS ESTADOS UNIDOS (NSF WQI).....	15
2.4.2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA DEL CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE (CCME WQI).....	18
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y MATEMÁTICO.....	21
2.5.1. CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS.....	21
2.5.2. CORRELACIÓN DE PEARSON	22
2.5.3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
3.2. MATERIALES	32
3.3. METODOLOGÍA.....	33
3.3.1. REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS LEGALES VIGENTES RELACIONADAS A LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA Y SU CALIDAD.....	33
3.3.2. SELECCIÓN DE LA RED DE MONITOREO.....	33
3.3.3. SELECCIÓN DEL PERÍODO DE MUESTREO	34
3.3.4. EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO EL ICA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS (WQI NSF) Y EL DEL CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE (CCME WQI)	35
3.3.5. EVALUACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	35
3.3.6. CONTRASTE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA RESPECTO A SU APTITUD PARA LAS ACTIVIDADES DE RIEGO	36
3.3.7. DESCRIPCIÓN DE LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS	36

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37
4.1.	REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS LEGALES VIGENTES RELACIONADAS A LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA Y SU CALIDAD.....	37
4.2.	SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO	41
4.3.	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE MUESTREO.....	46
4.4.	EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO LOS INDICES DE CALIDAD DE AGUA:	48
<i>4.4.1.</i>	<i>EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO: ICA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS (WQI NSF).....</i>	<i>48</i>
<i>4.4.2.</i>	<i>EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO: CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE (CCME WQI)</i>	<i>50</i>
4.5.	EVALUACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	51
4.6.	CONTRASTE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA RESPECTO A SU APTITUD PARA LAS ACTIVIDADES DE RIEGO	58
4.7.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS.....	59
V.	CONCLUSIONES.....	88
VI.	RECOMENDACIONES.....	91
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
VIII.	ANEXOS	97

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Efectos de parámetros específicos en el agua para riego.....	12
Cuadro 2: Factores de ponderación de variables según NSF WQI	17
Cuadro 3: Clasificación de la calidad del agua según NSF WQI.....	18
Cuadro 4: Categorías de la calidad del agua según CCME WQI.....	21
Cuadro 5: Datos de la estación Matucana según SENAMHI.....	29
Cuadro 6: Datos de la estación Matucana según la ANA.	29
Cuadro 7: Ubicación de las estaciones de evaluación de calidad de agua.....	42
Cuadro 8: Resultados de las estaciones de evaluación de calidad de agua seleccionados.....	47
Cuadro 9: Índices resultantes por época para cada estación según ICA NSF.....	49
Cuadro 10: Índices resultantes por época para cada estación según ICA CCME.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zonificación de vertimientos identificados por sector en la cuenca del río Rímac (DIGESA y SEDAPAL, 2011).	7
Figura 2: Variación mensual de los volúmenes de descargas medias (hm³) - Estación Tamboraque (ANA, 2010).	25
Figura 3: Variación mensual de los caudales medios generados – Subcuenca Alto Río Rímac (ANA, 2010).	25
Figura 4: Variación anual de los caudales medios generados – Subcuenca Alto Río Rímac (ANA, 2010).	26
Figura 5: Ubicación del área de estudio.	28
Figura 6: Pluviometría de la estación Matucana en la cuenca del Rímac entre los años 1964 y 2010 (ANA, 2014).	31
Figura 7: Vista de la estación E-08, salida de la bocatoma EDEGEL en carretera central km 89.	43
Figura 8: Vista de la estación E-09, Puente Tambo de Viso en carretera central km 83,5.	43
Figura 9: Vista de la estación E-10, Puente Surco en carretera central km 66.	44
Figura 10: Ubicación de la red de monitoreo seleccionada (GOOGLE EARTH, 2014).	45
Figura 11: Resultados de la estación E-08 en época húmeda por ACP.	52
Figura 12: Resultados de la estación E-08 en época seca por ACP.	53
Figura 13: Resultados de la estación E-09 en época húmeda por ACP.	54
Figura 14: Resultados de la estación E-09 en época seca por ACP.	54
Figura 15: Resultados de la estación E-10 en época húmeda por ACP.	56
Figura 16: Resultados de la estación E-10 en época seca por ACP.	56
Figura 17: Variación de la temperatura en época húmeda por estación.	60
Figura 18: Variación de temperatura en época seca por estación.	60
Figura 19: Variación de pH en época húmeda por estación.	61
Figura 20: Variación de pH en época seca por estación.	62
Figura 21: Variación de conductividad eléctrica en época húmeda por estación.	63
Figura 22: Variación de conductividad eléctrica en época seca por estación.	63
Figura 23: Variación de oxígeno disuelto en época húmeda por estación.	64
Figura 24: Variación de oxígeno disuelto en época seca por estación.	65

Figura 25: Variación de fosfato en época húmeda por estación.	66
Figura 26: Variación de fosfato en época seca por estación.	66
Figura 27: Variación de nitritos en época húmeda por estación.....	67
Figura 28: Variación de nitritos en época seca por estación.	67
Figura 29: Variación de nitratos en época húmeda por estación.....	68
Figura 30: Variación de nitratos en época seca por estación.	68
Figura 31: Variación de la demanda química de oxígeno en época húmeda por estación.	69
Figura 32: Variación de la de la demanda química de oxígeno en época seca por estación.	69
Figura 33: Variación de la de la demanda bioquímica de oxígeno en época húmeda por estación.....	70
Figura 34: Variación de la de la demanda bioquímica de oxígeno en época seca por estación.	70
Figura 35: Variación de coliformes totales en época húmeda por estación.	71
Figura 36: Variación de coliformes totales en época seca por estación.....	71
Figura 37: Variación de coliformes fecales en época húmeda por estación.....	72
Figura 38: Variación de coliformes fecales en época seca por estación.....	72
Figura 39: Variación de cloruros en época húmeda por estación.....	73
Figura 40: Variación de cloruros en época seca por estación.	74
Figura 41: Variación de aluminio en época húmeda por estación.	74
Figura 42: Variación de aluminio en época seca por estación.....	75
Figura 43: Variación de arsénico en época húmeda por estación.....	76
Figura 44: Variación de arsénico en época seca por estación.	76
Figura 45: Variación de cadmio en época húmeda por estación.....	77
Figura 46: Variación de cadmio en época seca por estación.	78
Figura 47: Variación de cobre evaluado por DIGESA en época húmeda por estación.....	78
Figura 48: Variación de cobre evaluado por SEDAPAL en época húmeda por estación.....	79
Figura 49: Variación de cobre evaluado por DIGESA en época seca por estación.....	79
Figura 50: Variación de cobre evaluado por SEDAPAL en época seca por estación.	80
Figura 51: Variación de hierro en época húmeda por estación.	81
Figura 52: Variación de hierro en época seca por estación.	81
Figura 53: Variación de manganeso evaluado por DIGESA en época húmeda por estación. ..	82
Figura 54: Variación de manganeso evaluado por SEDAPAL en época húmeda por estación.....	82
Figura 55: Variación de manganeso evaluado por DIGESA en época seca por estación.	83
Figura 56: Variación de manganeso evaluado por SEDAPAL en época seca por estación.....	83

Figura 57: Variación de plomo en época húmeda por estación.	84
Figura 58: Variación de plomo en época seca por estación.	85
Figura 59: Variación de zinc en época húmeda por estación.	86
Figura 60: Variación de zinc en época seca por estación.	86

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CURVAS DE FUNCIÓN PARA EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS.	98
ANEXO 2: ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DEL RÍO RÍMAC.	100
ANEXO 3: REGISTROS DE DATOS DE MONITOREOS DEL RÍO RÍMAC.	101
ANEXO 4: INFORMACIÓN UTILIZADA EN LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS PARA EL ICA NSF.....	108
ANEXO 5: INFORMACIÓN UTILIZADA EN LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS PARA EL ICA CCME.....	110
ANEXO 6: MATRICES PEARSON POR ÉPOCA HUMEDA Y SECA PARA CADA ESTACIÓN.....	116
ANEXO 7: VARIABILIDAD DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES POR ÉPOCA HÚMEDA Y SECA PARA CADA ESTACIÓN.....	122

RESUMEN

La calidad del agua del río Rímac es una preocupación constante ya que sus aguas, además de sus usos principales como agua potable y para generación de energía, satisfacen la demanda de riego de las tierras de uso agrícola que aún existen en los valles de la parte media y alta de su cuenca. Por tal motivo, se usaron los datos obtenidos por DIGESA y SEDAPAL del año 2011 en la parte alta de la cuenca para analizar la calidad espacial y temporal del agua 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). Con el NSF WQI la mejor calidad de agua (buena) se encontró en dos estaciones de la parte alta del área de estudio y en la parte baja se determinaron condiciones entre buenas a medias. Con el CCME WQI las dos estaciones de la parte alta mostraron niveles de calidad entre aceptables y buenos; y en el punto más bajo, entre aceptable y excelente. Durante todo el año hidrológico (creciente y estiaje) en las tres estaciones, algunos parámetros se encuentran 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.

Palabras clave: Calidad, ECA, Índices, Correlación, río Rímac, riego.

ABSTRACT

The water quality of the Rimac river represents a constant concern because it supplies the demand for the irrigation of the existing croplands in the valleys of the middle and upper basin; in addition, they provide a source for water consumption and power generation.

We obtained the annual water quality of the upper basin from the DIGESA and SEDAPAL datasets for the year 2011 and analyzed the spatial and temporal water quality for irrigation, we considered two quality indexes: NSF WQI-USA and CCME WQI-CANADA, and two statistical methods: Pearson Correlation and Principal Component Analysis. Further, we compared the obtained values with the National Environmental Quality Standards for water (ECA for water). With NSF WQI, the best water quality (good) was found in two seasons of the upper study area and in the lower field was considered between “good” and “medium”. When the CCME WQI-Canada index in two seasons of the upper study area showed water quality values between “acceptable” and “good”; moreover, the water quality values in the lower field were between “acceptable” and “excellent”. Throughout the whole hydrological year (high and low water volumes) in the three evaluated stations, some parameters are high and positively correlated. This correlation could be related to common input sources. The first of anthropogenic origin (mining and municipal discharges of nearby towns) and the second one, of natural origin (soil characteristics). Other parameters are showing strongest correlations during dry months. Due to the characteristics of the river, with regulated flow along this section, mining and municipal effluents represent the greatest impacts on the quality of surface waters during the dry season.

Keywords: Quality, ECA, Indexes, Correlation, Rimac river, irrigation.

I. INTRODUCCIÓN

Los ríos son corrientes naturales sometidas a los cambios climáticos y a las características propias de una cuenca, la calidad de su agua varía naturalmente a lo largo del tiempo y de su curso debido a una combinación de factores ambientales. Sin embargo, las actividades humanas alteran, a veces de manera irreversible, las características físicas, químicas y biológicas del agua (Chapman 1996, Castañé *et al.*, 1998). Las principales fuentes de contaminación de estos sistemas son las descargas de tipo municipal e industrial, así como los flujos de retorno generados por las actividades agropecuarias (Graniel y Carrillo, 2006; Jáuregui-Medina *et al.*; 2007, Rivera Vázquez *et al.*, 2007).

Una situación crítica de este recurso se proyecta en su escasez, debido a que en las partes medias y altas de las cuencas donde se generan las lluvias, se degradan los recursos suelo y vegetación, por erosión hídrica, sobrepastoreo, deforestación y actividades humanas. El comportamiento del agua en una cuenca depende fundamentalmente de las características de la vegetación, de la topografía y características del suelo, y de la frecuencia, intensidad y duración de las precipitaciones (Hansen, 1998). Una de las cuencas más críticas, en nuestro país, en estudio es la del río Rímac. La calidad del agua del río Rímac es muy importante ya que de este se capta el agua para potabilizarla y que finalmente se tome para consumo humano por ser considerado como Categoría 1: Poblacional y Recreacional; subcategoría A2, aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, aprobado mediante D.S. N° 002-2008-MINAM aplicándose los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (ECA para Agua). Además del uso principal para el agua potable y de generación de energía, sus aguas satisfacen la demanda de uso agrícola de las áreas cultivables que aún existen en el valle (ANA, 2010). En este sentido se suma la Categoría 3a: Riego de Vegetales del ECA para Agua.

El problema que da origen a esta investigación, es que precisamente la contaminación de aguas en el departamento de Lima no sólo está relacionada con el uso agrícola del recurso sino que también con el uso minero, industrial y urbano. Las

múltiples actividades económicas y humanas impactan en la calidad del agua final. De esta manera, y con la finalidad de orientar un manejo consensuado del recurso agua, considerando la presión de los factores ambientales y las conjeturas concluyentes de su preservación, se planteó el principal objetivo de este trabajo que es: evaluar la variación espacio-temporal de la calidad del agua superficial con fines de riego, en tres puntos seleccionados de la red de monitoreo en la parte alta del río Rímac, de enero a agosto de 2011, mediante el uso de índices y herramientas estadísticas aplicados a parámetros monitoreados por DIGESA y SEDAPAL, e indicar la existencia de normas que exigen la protección de la calidad de los cuerpos de agua. Para lo cual se persiguieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Revisar e indicar las principales normas legales vigentes relacionadas a la protección de los cuerpos de agua y su calidad.
- b) Aplicar el índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (NSF WQI) y el del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME WQI) para la evaluación espacial evaluando su aptitud para riego.
- c) Aplicar los métodos estadísticos de correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales (APC) a los parámetros seleccionados en la red de monitoreo, para la evaluación temporal evaluando su aptitud para riego.
- d) Contrastar los resultados obtenidos de los dos índices de calidad de agua.
- e) Describir la variación espacio-temporal de los parámetros seleccionados.

Este trabajo se realizó para determinar lo que sucede con los parámetros asociados a la calidad de agua y también describir y predecir el comportamiento de los datos para una posterior decisión de control mediante el uso de herramientas estadísticas de utilidad para este propósito. En el presente trabajo se tomaron los valores obtenidos por las evaluaciones de la DIGESA y SEDAPAL (2011), realizadas en tres (03) de los puntos de muestreo del río Rímac, ubicados en la parte alta de su recorrido para realizar un estudio de la calidad del agua a través de diferentes índices de calidad de agua establecidos en otros países y el uso de métodos estadísticos para determinar la correlación que puede existir entre los valores encontrados y el tiempo. Estas estaciones son la E-08, E-09 y E-10.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA Y DEL RÍO RÍMAC

El río Rímac es la principal fuente de agua de la cuenca que lleva el mismo nombre. La cuenca del río Rímac se encuentra emplazada en el ramal Occidental de la Cordillera de los Andes, entre las cumbres nevadas de Anticona, Pucacocha, Yuracocha, etc., y el borde del Océano Pacífico, teniendo geoméricamente 204 km de largo, con un ancho promedio de 16 km, y una superficie de 3 312 km². Esta cuenca limita al noreste con la cuenca del río Mantaro, al sureste con la cuenca del río Lurín, por el norte con la cuenca del río Chillón y por el suroeste con el Océano Pacífico (MINEM-DGAA, 1997).

Se origina en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes a una altitud máxima de aproximadamente de 5 508 msnm en el nevado Paca y aproximadamente a 132 km al noreste de la ciudad de Lima, desembocando por el Callao, en el Océano Pacífico. El acceso es desde la ciudad de Lima por vía terrestre, a través de la carretera central. El área total de captación incluye aquella de sus principales tributarios, Santa Eulalia (1 097,7 km²) y Río Blanco (193,7 km²) tiene en total 191 lagunas de las cuales 89 han sido estudiadas (MINEM-DGAA, 1997).

La cuenca del río hablador está conformada a su vez por dos sub cuencas, donde 2 237,2 km² son cuenca húmeda, donde caen precipitaciones significativas. A partir de Chosica hacia la desembocadura del río en el Océano Pacífico, incluyendo la quebrada Jicamarca se puede considerar como cuenca seca, donde sólo esporádicamente ocurren precipitaciones. Esta área tiene una extensión de 895,2 km². (MINEM-DGAA, 1997).

El caudal de estiaje del río Rímac, entre los meses de mayo y diciembre es suministrado por el complejo de lagunas y represas existentes, con fines de generación de energía, tanto en la cuenca propia del río Rímac, como en la subcuenca vecina de Marcapomacocha, que es transvasada hacia el río Santa Eulalia, afluente del río Rímac. El caudal de estiaje mensual fluctúa entre 16,90 m³/s y 18,19

m³/s entre junio y noviembre, de los cuales aproximadamente 5 m³/s proceden del transvase de Marcapomacocha. (MINEM-DGAA, 1997).

La demanda hídrica total actual en la cuenca Rímac es de 635,0 hm³/año, distribuidas en uso agrícola de 105,15 hm³, uso poblacional 501,44 hm³, uso minero 27,46 hm³ y uso industrial 0,95 hm³. El uso poblacional es de mayor significancia. El balance hídrico se ha desarrollado a nivel de la cuenca Rímac, teniendo como punto de referencia o de control la estación Chosica. Según el resultado del balance, la cuenca Rímac presenta déficit hídrico en los meses de junio a noviembre y el superávit en los meses de diciembre a mayo (ANA, 2010).

En general, los datos disponibles indican que el agua superficial en el río Rímac se caracteriza por bajos niveles de color (<10 CU), altos niveles de turbidez, especialmente durante la temporada de lluvias (20 a 600 TU), y moderadas concentraciones de sólidos en solución (300 a 500 mg/L). El agua es alcalina (pH en el rango de 7,4 a 8,4) con baja conductividad eléctrica, dura (100 a 260 mg/L como CaCO₃) con presencia de aluminio, trazas de hierro, arsénico y plomo (MINEM-DGAA, 1997).

El uso de la tierra agrícola física neta en la cuenca es de 9 000 ha y durante el año está orientada a dos tipos de cultivos: aquellos que ocupan un área permanente 1 630 ha representadas por frutales, algodón, flores y pastos permanentes, y los de corto período vegetativo o transitorio que ocupan el área física de rotación 7 370 ha representados por hortalizas, menestras, maíz, tubérculos, etc.

Entre la vegetación natural se puede observar que en el rango altitudinal entre 0-1 000 m.s.n.m., son áreas áridas o desiertas con pocas especies de Tillandsias que viven de la humedad atmosférica. Entre los 1 000 y 2 000 m.s.n.m. se considera una zona semiárida con especies como el molle (*Schinus molle*), la tara (*Caesalpinia tinctoria*) y varias especies de cactus propias de la zona. En el rango altitudinal entre 2 000 a 4 000 m.s.n.m. se observa algunos arbustos y vegetación de pastos naturales estacionales; entre los 4 000 y 5 000 m.s.n.m. los pastos naturales son permanentes (MINEM-DGAA, 1997).

2.2. FACTORES INFLUYENTES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL RÍO RÍMAC

En la cuenca alta existe explotación de plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio (CGR, 2007; DIGESA y SEDAPAL, 2011). La actividad minera es intensa (Volcan Compañía Minera SAA- Unidad Tielio, Empresa Minera Los Quenuales SA – Unidad Casapalca, Compañía Minera Casapalca SA., PERUBAR SA – Unidad Rosaura, compañía Minera San Juan (Perú) SA., etc.), de modo que un gran volumen de vertimientos tiene que ser evacuado; algunos de ellos vierten directamente al río, otros usan canchas de relaves y algunos otros a canales (DIGESA y SEDAPAL, 2011).

Las minas vierten directamente al río, los residuos provenientes de sus plantas concentradoras. Así mismo ubican las canchas de relaves de minerales al borde del río o de la quebrada más cercana, con taludes empinados e inestables. Durante la época de crecidas, los taludes son erosionados y arrastrados por el río, las lluvias también lavan parte de los relaves, que escurren hacia el río (CGR, 2007). Según el MINEM-DGAA (1997) el contenido relativamente alto de sulfato (88 a 230 mg/L) refleja la descarga de drenajes ácidos de mina hacia el río.

Dentro de las cuencas de la costa peruana, la del río Rímac es una de las más explotadas, se han construido centrales hidroeléctricas como: Matucana, Huinco, Callahuanca, Moyopampa y Huampani (ANA, 2010). En las cuencas media y alta de este río se ubican 14 centrales hidroeléctricas (incluyendo las anteriormente mencionadas) y se identifican establecimientos industriales tales como fábricas de productos químicos, textiles, papeleras, alimentos, curtiembres, materiales de construcción, cerveza, etc. (DIGESA y SEDAPAL, 2011). En el tramo entre la bocatoma La Atarjea y Chosica operan 13 plantas industriales que vierten sus desechos directamente al río Rímac, conteniendo sustancias tóxicas como: álcalis, detergentes, ácidos, bases iones metálicos, así como residuos sólidos orgánicos diversos (CGR, 2007).

El desarrollo de nuevos centros poblados, así como el crecimiento de los existentes, a lo largo del río Rímac hasta más allá de la confluencia de los ríos Santa Eulalia y Rímac con una población estimada en 400 000 habitantes, ha originado un

fuerte incremento del volumen de residuos sólidos y líquidos domésticos, que no pueden ser aun atendidos (CGR, 2007).

En la cuenca media y alta del río Rímac y en la cuenca del río Santa Eulalia se presentan poblaciones por debajo de los 7 000 habitantes. A lo largo del río Rímac, los distritos más importantes en su recorrido son Chicla (7 194 habitantes), Matucana (4 508 habitantes), San Mateo (5 280 habitantes), Ricardo Palma (5 769 habitantes), Santa Cruz de Cocachacra (2 302 habitantes), Surco (1 798 habitantes) y San Bartolomé (1 793 habitantes) con la población censada al año 2007. Estos distritos varían en cuanto al porcentaje de población urbana y rural (ANA, 2010 y CGR, 2007).

La mayor parte de los asentamientos humano cercanos al río, vierten sus residuos sólidos al cauce, pues carecen de servicios de recolección de basura o resulta insuficiente. La planta de tratamiento de aguas servidas de Carapongo, única en la zona, recibe las aguas colectadas de un sector de Chosica y Chaclacayo. El resto de los centros poblados, vierten sus residuos líquidos al río, sin tratamiento alguno. Es importante considerar que el problema se acrecienta con el sector minero en esta parte de la cuenca, sin identificar los impactos que se pudieran generar en las partes medias y bajas. La Figura 1 muestra un mapa con la zonificación de vertimientos identificados a lo largo del río Rímac.



Figura 1: Zonificación de vertimientos identificados por sector en la cuenca del río Rímac (DIGESA y SEDAPAL, 2011).

2.3. CALIDAD DEL AGUA

El agua se considera un recurso renovable pues se renueva constantemente a través del ciclo hidrológico. Sin embargo, esto no significa que es infinito. El agua es un recurso vital que se encuentra presente en todas las actividades cotidianas del ser humano, por lo tanto, su gestión debe ser un tema prioritario para garantizar la seguridad hídrica y promover el desarrollo de los países (Global Water Partnership Centroamérica, 2011).

Para la ANA (2010) el recurso hídrico representa el elemento vital para el abastecimiento de uso poblacional, agrícola pecuario, minero, energético, ecológico y otros, por lo que es importante el uso óptimo, racional y sostenible de este recurso enmarcado en un enfoque integral, evaluando la disponibilidad, calidad y su uso.

El consumo del recurso agua aumenta rápidamente y sus fuentes de suministro están muy amenazadas por los contaminantes generados por el hombre. Se requiere entonces manejar adecuadamente este recurso y monitorear constantemente su calidad (Valcárcel *et al.*, 2009), lo que suscita una necesidad inmediata de disponer de mecanismos de gestión y de regulación que apunten de manera eficiente y objetiva a la protección y uso sostenible del recurso. La cantidad de agua que existe en el planeta solo el 0,5 por ciento está disponible para uso del hombre (Chanlett, 1973). Por otro lado, el 97 por ciento se encuentra en los océanos y el agua dulce representa solo el 2,85 por ciento, sin embargo, la mayor parte de ella se encuentra en los casquetes polares y un 0,25 por ciento se encuentra en la atmósfera, por lo que el agua dulce disponible para uso humano representa solo el 0,53 por ciento (Vizcaíno, 1987).

Turk, 1988, define a la calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado es decir, para consumo humano y de los animales, para riego, recreación y soporte de una vida acuática sana.

2.3.1. PROPIEDADES DEL AGUA

Tebutt (1994), describe las propiedades del agua, y las divide en propiedades físicas, químicas y biológicas, entre las propiedades físicas menciona a las siguientes:

1. Temperatura: importante por su efecto en otras propiedades, por ejemplo: aceleración de reacciones químicas, reducción de la solubilidad de los gases, intensificación de sabores y olores, etc.

2. Turbidez (Turb): es causada por partículas de arcilla y limo, descargadas de agua residual, desechos industriales o la presencia de numerosos microorganismos.

3. Sólidos (S): pueden estar presentes en suspensión, en solución o en ambos y se dividen en materia orgánica e inorgánica. Los sólidos disueltos totales se deben a materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión son partículas discretas que se pueden medir al filtrar una muestra a través de un papel fino.

4. Conductividad Eléctrica (CE): esta depende de la cantidad de sales disueltas presentes y para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos disueltos totales.

En cuanto a las características químicas las enumera y describe de la siguiente forma:

1. pH: mide la intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra, aunque en realidad mide la concentración de iones de hidrógeno presentes. El pH controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica.

2. Alcalinidad: es debida a la presencia de bicarbonatos, carbonatos, o hidróxidos, la mayoría de la alcalinidad natural de las aguas la causa el bicarbonato. La alcalinidad es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios en el pH.

3. Dureza: es debida principalmente a los iones metálicos de Ca^{2+} y Mg^{2+} aunque también son responsables Fe^{2+} y Sr^{2+} . Los metales normalmente están asociados con HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y NO_3^- .

4. Oxígeno Disuelto: su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida y el efecto de una descarga de desechos en un río se determina principalmente por el balance de oxígeno del sistema.

5. Demanda de Oxígeno: los compuestos orgánicos por lo general son inestables y pueden oxidarse biológica o químicamente para obtener productos finales estables relativamente inertes, tales como CO₂, NO₃⁻ y H₂O. La indicación del contenido orgánico de un desecho se obtiene al medir la cantidad de oxígeno que se requiere para su estabilización.

6. Nitrógeno: se presenta en cuatro formas principales orgánicas, amoniacales, nitritos y nitratos.

Brooks et al (1992), por su parte señalan que entre las más importantes propiedades físicas del agua superficial están la concentración de sedimentos suspendidos, el nivel de contaminación térmica y el nivel de oxígeno disuelto. Los sedimentos transportados pueden acarrear concentraciones importantes de nutrientes y metales pesados. El transporte de sedimentos de fósforo puede reducir la calidad química de las aguas superficiales lo que provoca cambios substanciales en los ecosistemas acuáticos. En muchos casos, las variaciones en los niveles de metales pesados (zinc, hierro, cobre, manganeso, plomo y cadmio) en una corriente están correlacionadas con las variaciones de las concentraciones de sedimentos. Por otro lado el calcio es uno de los principales iones que contribuyen a la dureza del agua, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica.

2.3.2. CALIDAD DEL AGUA Y SU APTITUD PARA LAS ACTIVIDADES DE RIEGO

Gayoso *et al.*, 2000, menciona que el agua es un recurso limitado en la naturaleza y ofrece una multiplicidad de usos que no siempre son compatibles entre sí. Algunos usos extraen el agua de su ciclo natural por períodos largos de tiempo, otros por un tiempo corto y otros simplemente no extraen agua, aun cuando la usan (usos no extractivos).

El riego es uno de los elementos básicos en el éxito del desarrollo agrícola de una región, lo que requiere tener a disposición fuentes de agua en cantidad y calidad adecuadas. Hasta hace algún tiempo, la variable cantidad fue la mayor preocupación

de quienes se dedican a estas actividades dado que la calidad del recurso era satisfactoria. En la actualidad, la variable calidad a cobrado importancia ya que el crecimiento demográfico y económico han resultado en el deterioro de la calidad del recurso hídrico (SAG, 2005).

La calidad de la fuente disponible para actividades de riego debe evaluarse para observar como ésta satisface el uso pretendido, pues esta calidad afecta tanto a la productividad como la calidad ambiental e incluso la salud pública. Generalmente, ésta estimación se realiza con base en la determinación de los analitos (parámetros) presentes en el cuerpo de agua (en la muestra de agua) cuyas concentraciones son contrastadas con estándares o límites máximos de constituyentes permitidos, los cuales son el resultado de experiencias y de mediciones causa-efecto respecto a los problemas que a largo plazo pueden ocasionar cuando estos analitos se hallan presentes en el recurso hídrico (FAO, 1994).

Se reconoce que ciertos niveles de concentración de parámetros específicos en los sistemas dulceacuícolas generan resultados adversos en las actividades de riego, estas consecuencias pueden ir desde la reducción de la disponibilidad agua-suelo por efecto de la salinidad, disminución del rendimiento de la planta por exceso por ejemplo, de contenido de arsénico, hasta contener incluso organismos patógenos que pueden representar un peligro para la salud, entre otros.

Algunos de los efectos de determinados parámetros se hallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Efectos de parámetros específicos en el agua para riego.

PARÁMETRO	EFFECTOS
Arsénico	La FAO recomienda un máximo de 0,1 mg/l en agua de riego; puede ser tóxico para las plantas y el suelo si se exponen de manera continua a altas concentraciones. El suelo pierde, productividad a largo plazo.
Cadmio	Toxico para frijoles, betarragas a concentraciones de 0,1 mg/l; se recomienda límites conservativos debido a su potencial de acumulación en el suelo y plantas a concentraciones que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud humana.
Cromo	No se reconoce como elemento esencial para el crecimiento; se recomiendan límites conservativos debido a la escasa información sobre su toxicidad en plantas.
Cobre	Posee un rango de toxicidad que va desde 0.1-1 mg/l en solución de nutrientes.
Plomo	Puede inhibir el crecimiento celular de las plantas a altas concentraciones.
pH	La FAO recomienda un pH en agua de riego entre 6,5-8,4; un agua de riego con pH fuera de este rango puede generar desbalance nutricional o el mismo valor del pH en si puede ser una señal que el agua puede contener un ión tóxico.
Nitrógeno	Un exceso de este elemento puede generar una alteración en el crecimiento normal de las plantas, dad la sobre estimulación del crecimiento, madurez retardada y calidad pobre; vegetales y frutas presentan variados niveles de sensibilidad frente a la presencia de altas concentraciones de nitrógeno en el agua de riego, las más sensibles según la fuente son la remolacha y las uvas. Por otro lado la sensibilidad también depende de la etapa de crecimiento de la planta.
Conductividad/Sólidos disueltos	Estos dos parámetros o uno de ellos se utilizan para valorar la salinidad en agua de riego. El mayor problema en los cultivos regados con agua que contiene altos niveles de salinidad ocurre debido a la pérdida de productividad del suelo y baja disponibilidad de agua para los cultivos. Algunas plantas son más sensibles que otras a la salinidad ya que todas las plantas no responden de igual manera frente a este parámetro.
Cloruros	Este ión no es absorbido ni tampoco queda en el suelo sino que es atrapado por la planta y se acumula en las hojas de la misma; si el nivel de cloruro en el agua de riego excede la tolerancia de la planta se dan síntomas como por ejemplo hojas quemadas o tejidos de estas muy secos.

FUENTE: FAO (1994).

De este modo los países y regiones forjan sistemas de gestión para protección de su actividad agrícola, para ello, construyen por ejemplo sus propios estándares o concentraciones máximas permitidas como niveles que representan un riesgo mínimo para el desarrollo de esta actividad; como el caso de estados unidos (U. S. Department of the Interior; 1998), quien publica estos estándares a través de su programa nacional de calidad del agua para riego y Canadá (CCME; 2005), que se basó en los aportes de diferentes grupos de trabajo conformados por expertos en salud y medio ambiente.

Debe tenerse en cuenta que la FAO, recomienda que la evaluación de la calidad del agua para actividades de riego debe realizarse no solo en virtud de la composición iónica de la fuente, sino también considerando otros aspectos como: propiedades del suelo, tolerancia de cultivos a diferentes concentraciones de sales, clima, prácticas agronómicas y de riego, entre otros (FAO, 1994).

Entre los requerimientos del agua según uso sugeridos por Forestry Commission, 1993, se definen principalmente por dos propiedades esenciales: la calidad y la cantidad de la misma. Como aporte se señala que para el factor de riego en cuanto a cantidad de agua se requieren una alta producción y suministro constante. Para los requerimientos en calidad, se mencionan que el agua no debe contener tóxicos químicos, ni patógenos y debe presentar un pH moderado.

2.4. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

El recurso agua es, sin duda alguna, vital para la existencia de todos los organismos vivientes, su disponibilidad y su composición química, física y biológica afectan la habilidad de los ambientes acuáticos para sostener la salud de los ecosistemas; no obstante, este valioso recurso se está viendo cada vez más amenazado en la medida que la población humana aumenta y demanda mayor volumen de agua de mejor calidad para propósitos domésticos y actividades económicas (UNEP/GEMS, 2008). Por lo mismo desde hace años se vienen utilizando mecanismos de gestión y de regulación que apunten de manera eficiente y objetiva a la protección y uso sostenible del recurso. Una de estas herramientas la componen los Índices de Calidad del Agua (ICA) o Water Quality Index (WQI) de su versión en inglés.

Los ICA son indicadores del estado del recurso en cuanto a su grado de afectación. Han sido formulados inicialmente para propósitos de clasificación así como para la interpretación de las variables involucradas en un programa de monitoreo y en la actualidad, dados sus enfoques y metodologías de uso, se convierten en instrumentos que asisten en la toma de decisiones y en procesos de divulgación del estado de los recursos acuáticos. Hasta la fecha se han generado una gran cantidad de índices dependiendo del estado y/o del cuerpo hídrico que se pretenda estudiar; dada su aplicabilidad y el creciente auge de su uso, siguen siendo un tema novedoso y abierto a estudios de comparabilidad (Díaz, 2010).

Para facilitar la integración e interpretación de los datos de calidad del agua, diferentes países han desarrollado diversos índices de calidad, en función de sus necesidades y facilidad de manejo. Dichos índices agrupan de uno a varios parámetros, en su mayoría fisicoquímicos y en algunos casos microbiológicos, de tal manera que permiten reducir la información a una expresión sencilla y fácil de interpretar (Samboni *et al.*, 2007).

Para evaluar la variación espacial del nivel de contaminación se propuso el empleo de un índice global de la calidad del agua (IGCA), basado en el índice desarrollado para el río Alberta (RWQI); el cual constituye una forma de resumir los datos físicos, químicos y biológicos complejos en un indicador compuesto simple de la calidad del agua (Alberta Environment, 1995).

La calidad del agua, entendida entonces como la medición de sus características físicas, químicas y biológicas, en relación con unos estándares, implica variables diferentes e incluso factores complejos para describir su estado en términos cuantitativos. Un cuerpo de agua puede llegar a ser caracterizado a través de los siguientes componentes principales: hidrología, física, química, y biología y la valoración adecuada necesaria para verificar su adaptabilidad a un uso determinado, se basa en la evaluación apropiada de estos componentes frente a niveles de calidad deseables (UNESCO/WHO/UNEP; 1996)

De un proceso de valoración de las condiciones en las que se encuentra una fuente hídrica se llega a obtener bastante información, que en ocasiones puede ser confusa; por ello diversas entidades como entes que vigilan los recursos naturales, universidades y grupos de investigación, generan y evalúan las herramientas que

faciliten tanto la interpretación como la comprensión de aquellos resultados (Samboni *et al.*, 2007). En este punto, surge el desarrollo e implementación de los índices.

Un ICA consiste, básicamente en una expresión simple que resulta de combinar un conjunto de parámetros valorados, la cual sirve como una expresión de calidad del agua, con el propósito de hacer que la información sea de fácil interpretación tanto para aquellos relacionados con las ciencias básicas e ingenierías, como para otros usuarios que en general requieran conocer la fuente que está bajo observación. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color (Fernández y Solano; 2005).

El empleo de un ICA fue propuesto inicialmente por Horton (1965), sin embargo, los índices no fueron aceptados y utilizados sino a partir de los años setenta cuando los ICA adquieren relevancia para la evaluación del recurso hídrico (Samboni *et al.*, 2007). En las siguientes décadas se desarrollaron diferentes métodos para el cálculo de un ICA, que en general, emplean parámetros físicos y químicos similares.

En el 2006 se publica un documento que contiene un análisis comparativo de varios indicadores de la calidad del agua (Jiménez y Vélez; 2006), en el artículo los autores señalan cuan diferente pueden los índices estudiados clasificar la calidad o contaminación del recurso y cuales, por su metodología de aplicación, hacen referencia al mecanismo de contaminación que soporta la fuente bajo estudio.

2.4.1. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA DE LA NATIONAL SANITATION FOUNDATION DE LOS ESTADOS UNIDOS (NSF WQI)

Este índice de calidad ha sido el más respetado y ampliamente utilizado en los Estados Unidos (E.E.U.U.), sin embargo, otras autoridades ambientales lo han criticado por no representar adecuadamente la calidad del agua en todas las áreas del país. Su estructura, que emplea una función promedio, tiende según estas autoridades, a sugerir una mejor condición del recurso que las condiciones reales (Iowa's Water Ambient Monitoring Program, 2006).

El ICA, fue desarrollado en 1970 por la NSF (National Sanitation Foundation) de Estados Unidos (Ball y Church; 1980). El índice tiene la

característica de ser multiparámetro y se basó en tres estudios. En el primero se abordaron 35 variables de contaminación; los expertos opinaron sobre estos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido” y al mismo tiempo, debían asignar una calificación de 1 a 5 de acuerdo a su menor o mayor importancia, siendo 1 la calificación más significativa (Ott; 1978). En un segundo estudio se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos. Como resultado de este segundo estudio se identificaron 9 variables como las de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO5, nitratos, fosfatos, desviación de temperatura, turbidez y sólidos totales (Fernández y Solano; 2005). Finalmente el tercer estudio, abordó la tarea de desarrollar una curva de valoración para cada variable. Los niveles de calidad del agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Cada participante realizó la curva que asumió representaba la variación de la calidad del agua causada por el nivel de contaminación de las variables (Fernández y Solano; 2005). Estas curvas se conocieron como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función”. Para calcular el índice de calidad del agua se empleó una suma lineal ponderada y el resultado de su aplicación debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad del agua muy pobre y 100 representa una agua de calidad excelente (Ott; 1978). En el ANEXO 1 se encuentran todas las curvas de función de esta metodología.

Para la formulación y cálculo del índice se emplea la ponderación de los subíndices, es decir, es un índice que asigna pesos específicos a las variables según su relevancia dentro del conjunto agregado. Aquí, la variable de mayor importancia corresponde al oxígeno disuelto y la de menor impacto los sólidos disueltos totales. El Cuadro 2 esquematiza los pesos específicos de cada variable (Fernández y Solano; 2005).

Cuadro 2: Factores de ponderación de variables según NSF WQI

PARÁMETRO	UNIDADES	FACTOR DE PONDERACIÓN
Oxígeno Disuelto	% Sat	0,17
Coliformes Fecales	Número/100mL	0,16
pH	Unidades	0,11
DBO	mg/L	0,11
Cambio de Temperatura	°C	0,10
Fosfatos Totales	mg PO4/L	0,10
Nitratos	mg/NO3/L	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	0,07

FUENTE: FAO (1994).

Para calcular el índice de la NSF en la actualidad se emplea una fórmula de agregación correspondiente a un promedio aritmético ponderado; luego de aplicar la sumatoria, el resultado debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa calidad de agua muy pobre mientras 100 representa calidad de agua excelente (Wilkes University; 2010).

$$WQI = \sum_{i=1}^n SiWi$$

Donde: *WQI*: índice de Calidad de Agua.

Si: Subíndice del Parámetro *i*

Wi: Factor de Ponderación para el Subíndice *i*

El resultado final es interpretado de acuerdo a la clasificación, en la que el fondo representa el color correspondiente a la calidad de agua, con una escala de valores que sirve como guía en la interpretación de los resultados, representa la calidad del agua (Cuadro 3). La ventaja radica en que puede ser más fácilmente interpretado que una lista de valores numéricos.

Cuadro 3: Clasificación de la calidad del agua según NSF WQI.

CALIDAD DEL AGUA	ESCALA DE VALORES
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-25

FUENTE: Wilkes University (2010).

2.4.2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA DEL CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE (CCME WQI)

Antes del desarrollo de este índice, existían en Canadá para las diferentes jurisdicciones, diferentes estrategias métricas para determinar la calidad del agua; en 1997 se convocó un comité de ministros del medio ambiente para evaluar diversos enfoques, generar un formulación de un índice y desarrollar un índice que permitiese simplificar el reporte de la evaluación de la calidad del agua a lo largo del territorio canadiense (CCME; 2001).

a. Modelo conceptual (CCME; 2001)

El subcomité técnico del Water Quality Index (WQI, versión en inglés de ICA) adoptó el modelo conceptual de otro índice, el British Columbia Índice, en el cual hay tres factores que lo conforman (alcance, frecuencia y amplitud) y cada uno se escala en un rango entre 0 y 100 mediante el cual se genera un índice en el cual 0 representa una calidad del agua muy pobre y un valor cercano a 100 para un agua de excelente calidad.

Factor 1, alcance: este factor representa el número de objetivos que nos alcanzaron, evalúa la conformidad con los objetivos en un período de tiempo indicando el porcentaje de parámetros que no alcanzaron el objetivo:

$$F1 = \frac{\text{Número de variables que fallaron}}{\text{Número total de Variables}} \times 100$$

Factor 2, Frecuencia: representa el número de pruebas individuales que no alcanzaron los objetivos, evalúa la frecuencia con la cual los objetivos no se alcanzaron e indica el porcentaje de pruebas individuales que no alcanzaron su objetivo:

$$F2 = \frac{\text{Número de Pruebas Deficientes}}{\text{Número total de pruebas}} \times 100$$

Factor 3, Amplitud: Representa la cantidad por la cual las pruebas no alcanzaron los objetivos, se calcula en tres pasos:

- El número de veces que una concentración de un parámetro excede un objetivo se denomina “excursión”.

Cuando un parámetro no debe exceder una concentración:

$$\text{Excursión} = \frac{(\text{Valor inaceptable})}{\text{Objetivo}} - 1$$

Cuando un parámetro no debe ser menor a un objetivo:

$$\text{Excursión} = \frac{(\text{Objetivo})}{\text{Valor inaceptable}} - 1$$

- Cálculo de la cantidad colectiva de pruebas individuales que se encuentran fuera de conformidad; este aspecto se denomina “suma normalizada de las excursiones”, o **nse**:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{excursiones}}{\text{Número pruebas}}$$

- F3 se escala para generar un valor entre 0 y 100:

$$F3 = \left(\frac{nse}{0,01nse+0,01} \right)$$

Finalmente, el CCME QWI se calcula:

$$CCMEWQI = \left(\frac{\sqrt{F1^2+F2^2+F3^2}}{1.732} \right)$$

b. Categorización del índice

De acuerdo con CCME, 2001, esta tarea constituye un proceso algo subjetivo; la categorización debe basarse en la mejor información disponible, juicio de expertos y expectativas generales del público respecto a la calidad del recurso hídrico. La categorización presentada (Cuadro 4) está sujeta a posibles modificaciones:

- Excelente: (CCME WQI entre 95-100), ausencia virtual de deterioro, condiciones muy cercanas a las originarias.
- Buena: (CCME WQI entre 80 -94), grado menor de deterioro, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables.
- Aceptable: (CCME WQI entre 65-79), deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables.
- Marginal (en el límite): (CCME WQI entre 45-64), deterioro frecuente, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables.
- Pobre: (CCME WQI entre 0 -44), la calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.

Cuadro 4: Categorías de la calidad del agua según CCME WQI.

CALIDAD DEL AGUA	ESCALA DE VALORES
Excelente	95-100
Buena	80-94
Aceptable	65-79
Marginal	45-64
Pobre	0-44

FUENTE: Elaboración propia (2014).

c. Aplicación del índice

Casos de estudio del CCME WQI (CCME; 2001): este índice ha sido aplicado en diferentes regiones de Canadá teniendo en cuenta diversos datos históricos seleccionados y diversas variables como nutrientes, metales, metaloides, coliformes y otras variables abióticas de interés. El índice aplicado permitió discriminar muy bien entre áreas no impactadas y áreas donde existe algún impacto de tipo antropogénico, sitios prístinos comparados con sitios impactados por urbanización o actividad minera.

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y MATEMÁTICO

La estadística es una rama de las matemáticas que se ocupa de reunir, organizar y analizar datos numéricos para resolver problemas, analizarlos ó tomar decisiones (Murray, 1969). Lo que resulta en una herramienta muy útil de gestión de información y manejo de datos para tomar decisiones.

2.5.1. CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS

El análisis estadístico basado en la correlación lineal que existe entre dos conjuntos de datos de parámetros, con lo cual se establece un índice adimensional acotado entre $-1,0$ y $1,0$. Una correlación positiva perfecta tiene un coeficiente $+1,0$ y para una correlación negativa perfecta es $-1,0$. La ausencia de correlación da como coeficientes valores cercanos a cero (Murray, 1969).

Los coeficientes positivos indican que uno de los parámetros crece en forma simultánea y proporcional al otro parámetro relacionado. Los coeficientes negativos indican que cuando uno de los parámetros crece el otro decrece en la misma proporción (Murray, 1969).

2.5.2. CORRELACIÓN DE PEARSON

Según Amon, 2010, el coeficiente de correlación de Pearson, es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente. Esto significa que puede haber variables fuertemente relacionadas, pero no de forma lineal, en cuyo caso no proceder a aplicarse la correlación de Pearson. Es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Digamos, en primera instancia, que sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1. Esto es, si tenemos dos variables X e Y, y definimos el coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables como r_{xy} entonces:

$$0 \leq r_{xy} \leq 1$$

Si se contempla el signo el coeficiente de correlación de Pearson oscila entre -1 y $+1$. No obstante ha de indicarse que la magnitud de la relación viene especificada por el valor numérico del coeficiente, reflejando el signo la dirección de tal valor. En este sentido, tan fuerte es una relación de $+1$ como de -1 . En el primer caso la relación es perfecta positiva y en el segundo perfecta negativa. Decimos que la correlación entre dos variables X e Y es perfecta positiva cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra. Esto sucede cuando la relación entre ambas variables es funcionalmente exacta.

El coeficiente de correlación de Pearson viene definido por la siguiente expresión:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

Esto es, el coeficiente de correlación de Pearson hace referencia a la media de los productos cruzados de las puntuaciones estandarizadas de X y de Y. Esta fórmula reúne algunas propiedades que la hacen preferible a otras. A operar con puntuaciones estandarizadas es un índice libre de escala de medida. Por otro lado, su valor oscila, como ya se ha indicado, en términos absolutos, entre 0 y 1.

2.5.3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El Análisis de Componentes Principales (ACP o PCA en inglés) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Este tipo de correlación estadística se da mediante el software STATISTICA, donde en base a un banco de datos con muchas variables, se reduce el análisis sin perder información alguna. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

El ACP es una técnica multivariada de aplicabilidad comprobada en estudios de calidad de sistemas lógicos, Bengraine y Marhaba (2003), Ramírez *et al.*, (2005), indican que mediante el ACP se obtienen las relaciones lineales de las variables evaluadas en un programa de monitoreo así como el conjunto de variables que mejor explican la calidad del agua.

El ACP resulta de la aplicación del programa STATISTICA (Kim y Cardone, 2005). En el análisis se consideran todos los parámetros evaluados que demuestren mayor representatividad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Como se mencionó supra, la cuenca del río Rímac es una de las cuencas hidrográficas más importantes del país, por ser fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, minero, agrícola y energético. La cuenca del río Rímac se encuentra localizada entre los paralelos $11^{\circ} 25'$ y $12^{\circ} 10'$ de latitud sur y los meridianos $76^{\circ} 00'$ y $77^{\circ} 00'$ de longitud oeste, cubriendo gran parte de la costa central del departamento de Lima, específicamente entre las provincias de Huarochirí y Lima.

La cuenca del río Rímac a su vez está conformada por dos subcuencas: cuenca húmeda y cuenca seca. De estas dos subcuencas, la zona de estudio está ubicada en la cuenca húmeda. La cuenca húmeda del río Rímac, desde las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes hasta Chosica tiene una extensión de $2\,237.2\text{ km}^2$ y muestra dos subcuencas principales, la del río Santa Eulalia, con $1\,097.7\text{ km}^2$ de extensión y la del río Alto Rímac o San Mateo, con $1\,139.5\text{ km}^2$ de extensión, con una longitud de cauce de 59.8 km . Tiene dos subcuencas secundarias laterales: el río Blanco y la quebrada Parac (MINEM- DGAA, 1997).

En la cuenca del río Rímac existen tres estaciones hidrométricas, con registro de caudales históricos en forma significativa en las estaciones Chosica, Sheque y Tamboraque. La estación hidrométrica Tamboraque – Río Rímac está ubicada dentro del área de estudio siendo su ubicación política en el distrito de Matucana, provincia de Huarochirí, en la región Lima. Dicha estación se ubica en la parte media alta de la cuenca del río Rímac y mide todo el escurrimiento de la subcuenca. El registro histórico disponible de descargas medias mensuales en la estación hidrométrica Tamboraque es continuo del período 1965-2009, con 45 años de información, lo cual corresponde a caudales naturales. La estación hidrométrica Tamboraque es administrada por EDEGEL – Lima (ANA, 2010).

A continuación se muestran los gráficos de variación mensual de los volúmenes de descargas medias para la estación Tamboraque y las variaciones

mensuales y anuales de los caudales medios generados de la subcuenca Alto Río Rímac a la cual pertenecería la estación Tamboraque:

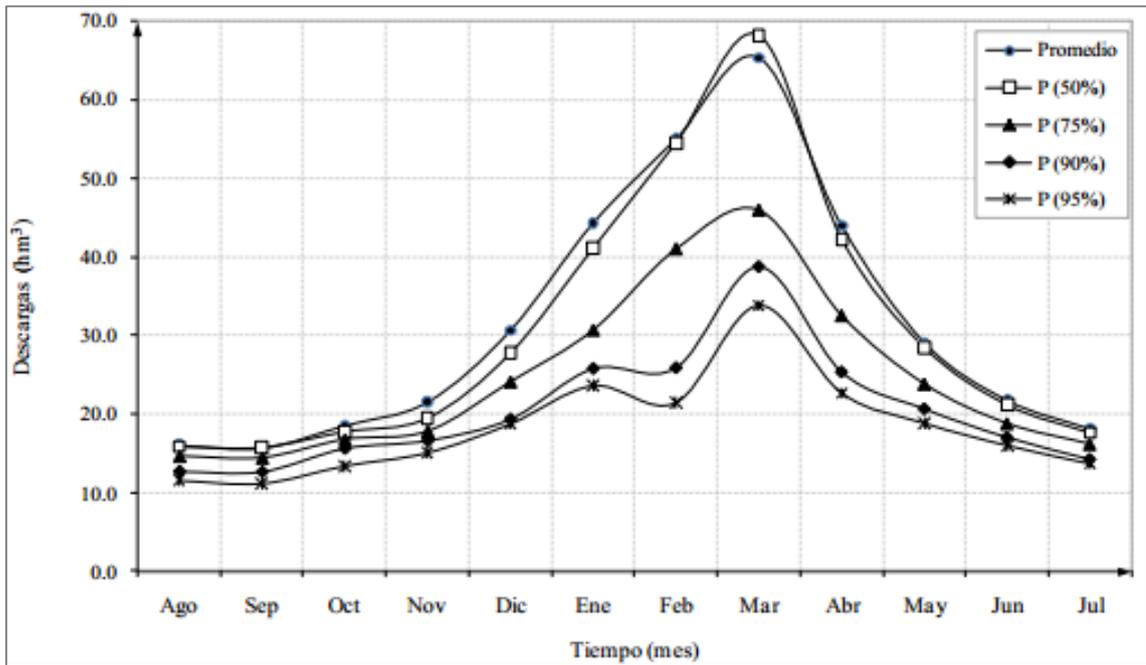


Figura 2: Variación mensual de los volúmenes de descargas medias (hm³) - Estación Tamboraque (ANA, 2010).

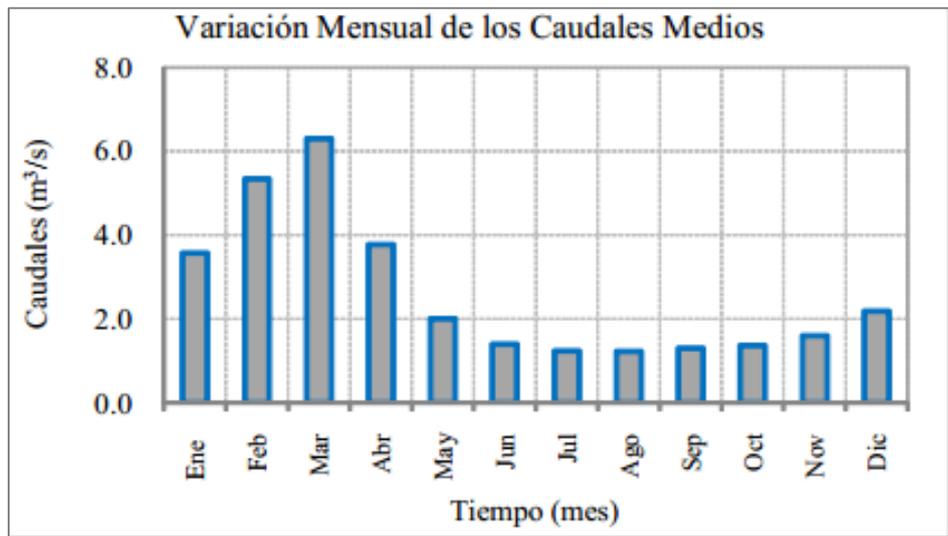


Figura 3: Variación mensual de los caudales medios generados – Subcuenca Alto Río Rímac (ANA, 2010).

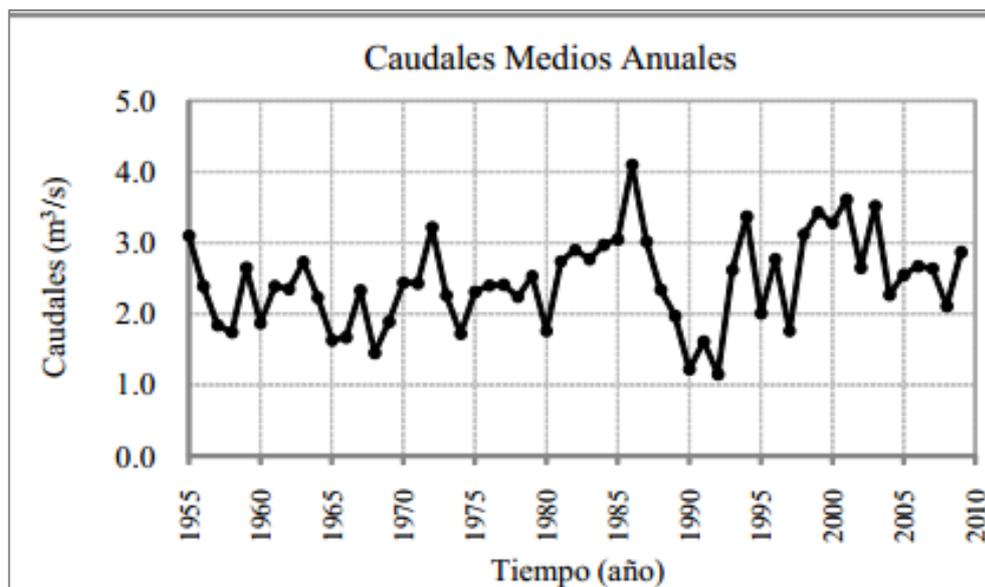


Figura 4: Variación anual de los caudales medios generados – Subcuenca Alto Río Rímac (ANA, 2010).

La cuenca del Rímac es un caso típico de cuenca de la costa con un río de régimen intermitente torrentoso, con caudales extremos en los meses de avenidas (enero marzo) y caudales mínimos de estiaje (abril a diciembre). Sin embargo estas condiciones han sido alteradas, especialmente en los caudales de estiaje que se presentan en incremento, por efecto de varias obras de regulación y trasvases efectuadas en la cuenca propia y de la cuenca del Mantaro.

Las variaciones estacionales del régimen de descargas del río Rímac son consecuencia directa del comportamiento de las precipitaciones que ocurren en su cuenca húmeda, siendo muy leve la influencia de las obras de regulación existentes principalmente en la época de avenidas.

La información hidrológica sobre el río Rímac tiene más de 50 años. Su caudal en estiaje ha sido aumentado gradualmente por los trasvases de cuencas en la vertiente del Atlántico (ANA, 2010).

El acceso al área de estudio desde la ciudad de Lima es por vía terrestre, a través de la carretera central, recorriendo una distancia en promedio de 89 km por ruta asfaltada, en un tiempo aproximado de 1 h 45 m.

El área de estudio se ubica sobre la vertiente oeste de la cordillera de los andes (entre los 1 900 m.s.n.m. y 2 950 m.s.n.m.) y al este del departamento de Lima,

en la provincia de Huarochirí. El recorrido del río Rímac en el área de interés comprende los distritos de San Mateo, Matucana y Surco, donde se eligieron las estaciones de muestreo (Figura 5).

Específicamente, en la parte alta de la cuenca existen actividades que se desarrollan en entornos vulnerables del medio ambiente, pudiendo afectar el agua del río que drena la cuenca en mención. En el poblado de San Mateo, la minería es la segunda actividad de mayor participación en la PEA después de la agricultura. Las minas en actividad de este distrito son San Marino y Tamboraque, pertenecientes a las empresas Compañía Minera Lizandro Proaño S.A. y Compañía Minera El Barón S.A., respectivamente (ANA, 2010) y actualmente Nyrstar Coricancha.

Por lo mismo, se planteó que siendo la parte alta de la cuenca donde ocurre la mayor captación de sus aguas y a la vez se concentran actividades industriales y mineras que posiblemente pueden alterar la calidad de sus aguas, de ahí su importancia, por ser un recurso elemental para la mayoría de actividades, principalmente para el área en estudio que comprende su recorrido.

Este motivo nos llevó a realizar una interpretación de la evaluación de la calidad de agua del río Rímac para fines de riego según la categoría 3 del ECA para Agua aplicando herramientas de fácil comprensión para los usuarios finales.

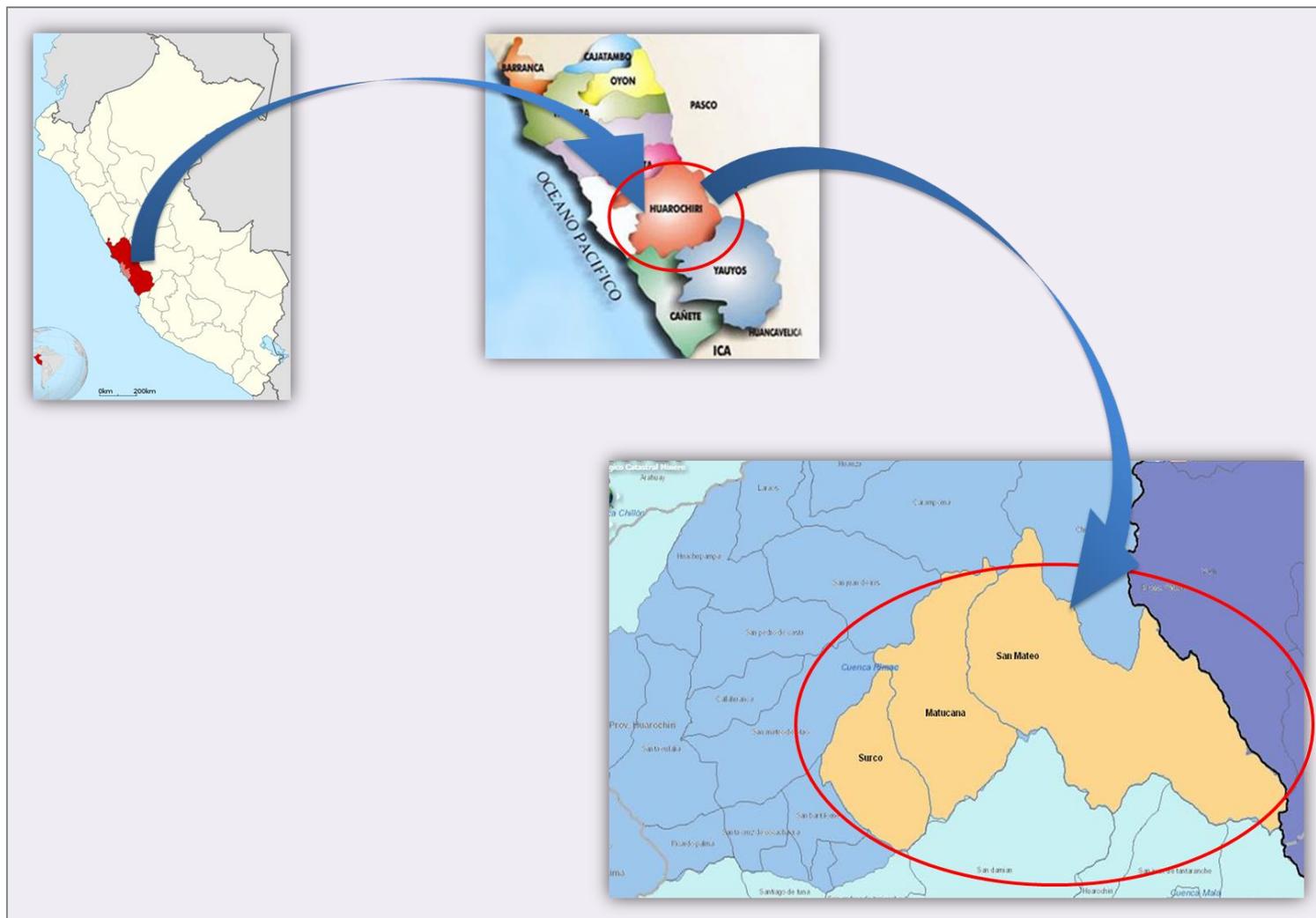


Figura 5: Ubicación del área de estudio.

Según SENAMHI, próxima a las estaciones se ubica la estación meteorológica Matucana de código 472CE45A, la que registra los parámetros meteorológicos de la zona, cuyos datos de la estación se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5: Datos de la estación Matucana según SENAMHI.

Tipo	Automática Meteorológica
Latitud	11° 50' 21.8"
Longitud	76° 22' 41.8"
Departamento	LIMA
Provincia	HUAROCHIRI
Distrito	MATUCANA

FUENTE: SENAMHI (2014).

Se conoce que la ANA actualmente cuenta con estaciones climáticas distribuidas en lugares estratégicos para su seguimiento y evaluación, como fuente de información disponible en su sitio web sobre la pluviometría registrada en un lugar específico, por lo que para nuestro estudio se consideró como fuente de información pluviométrica, a la estación Matucana (000548), próxima a las estaciones de monitoreo que se eligieron. Dicha estación pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) de Cañete-Fortaleza, de la vertiente del Pacífico. Los datos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 6: Datos de la estación Matucana según la ANA.

Tipo	Climática
Sub tipo de estación	Climatológica ordinaria
Latitud	11°50' 20.80"
Longitud	76°22'40.80"
Altitud	2 479
Departamento	LIMA
Provincia	HUAROCHIRI
Distrito	MATUCANA

FUENTE: ANA (2014).

De la estación climática de Matucana descrita se obtuvo la representación gráfica del registro de pluviometría desde el año 1964 al 2010 como se muestra en la Figura 6 donde, se pueden apreciar los picos de precipitación que se registraron en la estación de Matucana durante un período de cuarenta y seis (46) años, como se observa, la precipitación se presenta en los primeros meses de cada año, disminuyendo para su término. Es así que se visualiza una marcada diferencia para la época húmeda y el período de estiaje, mostrando una máxima precipitación de 200 mm para el año 1984 (año Niña). Y una mínima de hasta aproximadamente 30 mm para el año 1982 (año Niño). Se conoce que la representación de la precipitación refleja el comportamiento del caudal en esta estación para la cuenca.

Asimismo la precipitación anual que se observa, se explica o está relacionado con el tipo de zona de vida identificada en el área de estudio, según el MINEM-DGAA (1997) se encuentran las zonas ecológicas correspondientes a estepa espinosa Montano Baja Sub Tropical (ee-MBS) y estepa Montano Tropical (e-MT). La primera se encuentra comprendida en la localidad de Matucana. La biotemperatura media anual máxima es de 17,7 °C y la media anual mínima de 12,8 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 590,4 mm y el promedio mínimo de 216,1 mm. El relieve topográfico es predominantemente refinado, ya que fisiográficamente ocupan las paredes de los valles.

La segunda zona ecológica se encuentra ubicada en la localidad de San Mateo, la biotemperatura media anual máxima es de 14,1 °C (Estación Yauyos cima) y la media anual mínima de 9,5 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 541,8 mm y el promedio mínimo de precipitación de 244.5 mm (Huarochirí Lima).

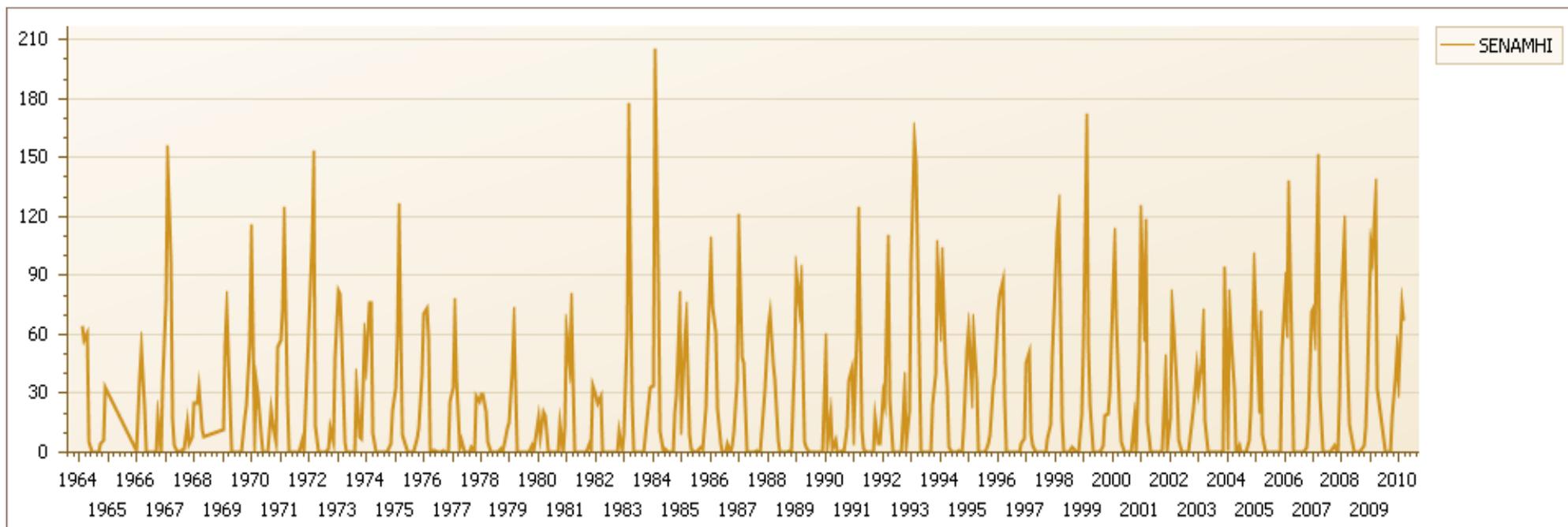


Figura 6: Pluviometría de la estación Matucana en la cuenca del Rímac entre los años 1964 y 2010 (ANA, 2014).

3.2. MATERIALES

- Computadoras con Microsoft Office 2010.
- Software STATISTIC 10.
- Resultados de Monitoreos del Río Rímac en el período de enero a agosto de 2011.
- Compendio virtual de normativa legal.
- Cámaras fotográficas.
- Libreta de campo.
- Lápices.
- Lapiceros.
- Impresora.
- Tinta.
- Fotocopias.
- Gastos de movilidad.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS LEGALES VIGENTES RELACIONADAS A LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA Y SU CALIDAD

Se realizó una revisión y selección de las normas que comprenden, difunden y promueven la protección del recurso agua y el cuidado de su calidad para indicar la existencia de antecedentes legales que apoyan el cuidado de la calidad del agua en sus fuentes.

3.3.2. SELECCIÓN DE LA RED DE MONITOREO

Dentro de este ámbito se ubican las estaciones de monitoreo de agua del Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL, que fue realizado en el primer semestre del año 2011. Del estudio realizado por las entidades, se seleccionaron tres (03) estaciones con la finalidad de formar una red de monitoreo, donde cada una se ubica representando a la parte alta-alta, media-alta y baja-alta de la cuenca del río Rímac (ver Figura 10).

Para la selección de las estaciones que formarán parte de este trabajo se tomó el criterio que establecen los protocolos de monitoreo de agua vigente, donde se selecciona puntos estratégicos de importancia en un proyecto de estudio ambiental, para el caso en cuestión se elige según:

- El acceso hacia las estaciones de muestreo.
- La actividad antrópica (industria, minería, etc.).
- Aguas arriba y aguas abajo de la actividad de interés.

Se conoce la ubicación exacta de los puntos por medio de mapas cartográficos y visitas a los propios lugares, por lo que se realizó la elección de tres (03) estaciones de monitoreo en la parte alta con los criterios mencionados.

Teniendo en cuenta los factores ya descritos se indica que los puntos elegidos fueron la **estación E-08**, la Bocatoma de EDEGEL en el km 89 (Tamboraque), la **estación E-09**, puente Tambo de Viso en el km 83,5 confluencia del proyecto de reforestación de la empresa minera Nyrstar Coricancha (actualmente) y la desembocadura del río Aruri y finalmente la **estación E-10**, puente Surco en el km 66 (ingreso principal al pueblo de Matucana).

Las estaciones seleccionadas se visualizan en el mapa “Estaciones de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de las Aguas del Río Rímac”, ANEXO 2.

3.3.3. SELECCIÓN DEL PERÍODO DE MUESTREO

El período de muestreo que se eligió fue el de enero a agosto del 2011 de la evaluación realizada mediante el Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL. La selección del período de muestra estuvo sujeta a la información disponible de los monitoreos realizados en el año 2011 en la página virtual de la DIGESA, dentro de la DEPA (Dirección de Ecología y Protección del Ambiente) del vínculo Protección de los Recursos Hídricos, en el listado de Vigilancia y Monitoreo de los Recursos Hídricos, además de contar con el conocimiento bibliográfico que en este período se ubican meses de crecida del río Rímac, entre los meses de enero y abril; y meses de estiaje, entre los meses de mayo y diciembre (MINSA y SEDAPAL, 2009).

De los cuadros de evaluación obtenidos de los informes de ensayo de DIGESA Y SEDAPAL, se procedió a transcribir los resultados de cada estación seleccionada para los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y agosto. Cabe mencionar que la información obtenida de los ensayos, no muestra información alguna para el mes de julio, por motivos desconocidos y no explicados en el informe final de las entidades que lo realizaron.

Para una mejor organización de los datos se prescindió del símbolo <, porque los programas y funciones estadísticos sólo reconocen números para sus cálculos. Se elaboró un cuadro de resultados general, que muestran los parámetros y los meses evaluados por cada estación. De la cual se tomaron resultados para la época húmeda y seca en cada estación.

En la época húmeda se analizaron los datos entre los meses de enero y abril, por otro lado, la época seca quedaría representada por los meses de mayo, junio y agosto.

Con la finalidad de evaluar la calidad del agua en la parte alta, se procedió a analizar los resultados de las evaluaciones efectuadas mediante el convenio indicado supra. Los resultados de la evaluación de las estaciones de monitoreo se pueden observar en los registros de datos de monitoreos del río Rímac en el ANEXO 3.

3.3.4. EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO EL ICA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS (WQI NSF) Y EL DEL CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE (CCME WQI)

Para la evaluación espacial se ordenaron los resultados de los monitoreos de las **estaciones E-08, E-09, E-10** en hojas de cálculo del programa Excel. Luego con los resultados tabulados se procedió a calcular los índices descritos en el acápite 2.4.1 y 2.4.2. En el caso de la evaluación mediante el ICA NSF, se consideraron las variables que conforman su criterio de análisis visto en el acápite 2.4.1. En el caso de la evaluación mediante el ICA CCME, fueron establecidos con la comparación de los valores de cada parámetro con un punto de referencia el cual parte de la normativa vigente, en este caso los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (ECA para Agua) Categoría 3a: Riego de Vegetales.

Determinando para cada índice la calificación de acuerdo a sus tablas de clasificación y verificando si la calidad del agua superficial del río cumple con los requisitos de calidad de estos índices. El resultado de los cálculos se muestra en tablas para cada índice.

3.3.5. EVALUACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Para la evaluación temporal se ordenaron los resultados de los monitoreos de las **estaciones E-08, E-09, E-10** en hojas de cálculo del programa Excel. Luego con los resultados tabulados se procedió a los análisis estadísticos descritos en el acápite 2.5.2 y 2.5.3. Se determinó la existencia o no de correlación positiva o negativa entre parámetros mediante el uso de la hoja de cálculo EXCEL. Presentando los datos en una matriz de Correlación de Pearson.

Con respecto al ACP, con ayuda del programa STATISTICA 10, el cual importa archivos en formato **.xls** (Excel) donde se ingresaron las variables de la tabla general para luego obtener los gráficos de análisis de componentes principales, que indica nuevas correlaciones positivas y negativas. Dichas correlaciones fueron

contrastadas con las obtenidas en la correlación de Pearson para verificar coincidencias.

3.3.6. CONTRASTE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA RESPECTO A SU APTITUD PARA LAS ACTIVIDADES DE RIEGO

Se procedió a contrastar y discutir los resultados obtenidos de los índices de calidad de agua aplicados, la correlación de Pearson y el ACP para evaluar el agua superficial mediante la interpretación de los mismos para cada estación, con respecto a su aptitud para actividades de riego, relacionadas a los ECA para Agua Categoría 3a: Riego de Vegetales (Normativa vigente).

3.3.7. DESCRIPCIÓN DE LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE 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 el que se encuentran, de acuerdo a los resultados hallados en los acápites antes desarrollados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS LEGALES VIGENTES RELACIONADAS A LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA Y SU CALIDAD

De la revisión de las normas que comprenden, difunden y promueven la protección del recurso agua y el cuidado de su calidad se identificó la existencia de antecedentes legales que apoyan el cuidado de la calidad del agua en sus fuentes. A continuación se indican las siguientes:

Como se mencionó supra, los valores registrados para las muestras del cuerpo de agua natural, fueron comparados con los valores establecidos en la Categoría 3 a (riego de vegetales) de los Estándares Nacionales de Calidad para Agua (ECA para Agua), según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, del 31 de julio de 2008, en el cual el MINAM emitió las normas para la implementación de dichos estándares como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles del gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. En el mismo decreto se manifiesta que es obligatorio emplearlos en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.

Conociendo que la presente ley tiene a su cargo la finalidad de regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta. Y en su artículo 6, definen como bien asociado a la vegetación ribereña y de las cabeceras de cuenca. Considerando en sus principios de valoración del agua y de gestión integrada del agua, donde indica que forma parte de los ecosistemas y se renueva a través del ciclo hidrológico.

El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua. Y dentro de las funciones de la Autoridad Nacional del Agua, artículo 15, en el inciso 14 manifiesta el reforzar las acciones para una gestión integrada del agua en las cuencas menos favorecidas y la preservación del recurso en las cabeceras de cuencas.

Decreto Supremo N° 007-2010-AG, Declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados.

Como ya se mencionó supra, como bien asociado se consideran a la vegetación de cabeceras de las cuencas, y en consecuencia, resulta necesario dictar medidas para proteger y conservar la calidad de las fuentes de agua y de las condiciones naturales de su entorno como parte del ecosistema donde se encuentra con el fin de garantizar la satisfacción de las demandas de agua en calidad apropiada de las actuales y futuras generaciones.

Este decreto manifiesta en su artículo 1, como objeto de función el declarar de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenacen a dichas fuentes, así como promover y controlar el aprovechamiento y uso sostenible de los recursos hídricos garantizando un entorno saludable para las actuales y futuras generaciones. En este sentido para las poblaciones aguas abajo, el aseguramiento de su calidad y del abastecimiento de agua se apoya en una Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, en la que se clasifica a los cuerpos de agua marino – costeras, sin especificar claramente que desde sus nacientes, es decir cabeceras de cuenca hasta el lugar de captación de debe proteger la calidad de la fuente y sus bienes asociados.

Ante esta problemática del agotamiento del recurso agua que se originan por la pérdida funcional de las cabeceras de cuenca, su protección para una reserva futura no es tema de agenda nacional con acciones concretas y permanentes de corto y mediano plazo, o a futuro, si nos referimos a la sostenibilidad del recurso. Ante este tema surge la preocupación de algunas instituciones no gubernamentales que están promocionando la manera de preservar estas áreas.

FAO, 2012 señala que los reservorios en el alto andino cumplen con las funciones tal y como cumpliría una cabecera de cuenca que no haya sido alterada, como reservorio natural, siendo la infiltración del agua en el subsuelo, la disponibilidad de agua contrarresta el riego de sequía en la agricultura de secano, detiene la erosión de los suelos y mejora en paisaje.

Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.

En su artículo 3, inciso a, menciona que se debe mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies. Por lo tanto esto indica mantener la cabecera de cuenca como proceso ecológico que cumple o debiera cumplir su función.

Decreto Supremo N° 068-2001-PCM, Reglamento de la Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.

Aquí también se menciona a las cuencas y las fuentes de agua, y se observa en el artículo 60, sobre los incentivos para promover la conservación, y algunas de estas actividades aplicables se refieren a: establecimiento de áreas de conservación privadas, actividades de recuperación de ecosistemas degradados, actividades de reforestación, restauración del paisaje, reintroducción de especies nativas, acciones de repoblamiento, actividades de mantenimiento de fuentes de agua, actividades orientadas a la captura de carbono, actividades tendentes a la conservación de especies y recursos genéticos, conservación de agrobiodiversidad, entre otras.

Y todo esto se rige a la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica (ENDB), apoyándose en su Decreto Supremo N° 102-2001-PCM, Estrategia Nacional de Diversidad Biológica, donde se establece el papel de la Diversidad Biológica en los procesos ecológicos, incluida la formación de ciclos de agua y elementos nutritivos, la estabilidad y circulación de energía en los ecosistemas, así como la formación de los suelos, función de una cabecera de cuenca.

Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.

Dentro de esta ley se mencionan unos criterios de protección ambiental que deben de tomar en cuenta para diferir proyectos de inversión, como lo indica en su

artículo 5, inciso c, la protección de los recursos naturales, especialmente las aguas, el suelo, la flora y la fauna; y siendo el agua un recurso natural en toda su expresión, se debe asegurar su permanencia y función provisoria con la protección de las cabeceras de cuencas.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

En esta ley se mencionan los principios de sostenibilidad, de prevención, y precautorio, según sus artículos 5,6 y 7. Y se tiene en consideración que para la gestión ambiental mencionado en la Ley N° 28245, en sus artículo 5, inciso k, dice que de modo que cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza absoluta no debe utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces y eficientes para impedir la degradación del ambiente; en el caso de cabeceras de cuenca, la medida eficaz sería crear una ley exclusiva para el manejo de este ecosistema, frágil y útil a la sociedad, ya que hay diversidad de ecosistemas en las partes altas de nuestro territorio.

En la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

En esta ley también se hace referencia a las cabeceras de cuencas dentro de sus Conceptos, Órganos Especializados Y De Supervisión, Planificación Y Zonificación Forestal Y De Fauna Silvestre. Se establece en el Artículo 9, Tierras de capacidad de uso mayor para protección, siendo aquellas que, por sus condiciones biológicas de fragilidad ecosistémica y edáfica, no son aptas para el aprovechamiento maderable u otros usos que alteren la cobertura vegetal o remuevan el suelo.

Las tierras de protección se destinan a la conservación de las fuentes de agua, nacientes o cabeceras de cuencas, riberas de ríos hasta del tercer orden, y a la protección contra la erosión.

En ellas es posible la recolección y aprovechamiento de productos forestales no maderables, el manejo y aprovechamiento de la fauna silvestre, así como usos recreativos y actividades educativas o de investigación científica, en la medida en que no se afecte su existencia ni sus funciones protectoras.

Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas y su Decreto Supremo N° 038-2001-AG, Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas.

La presente Ley tienen como objetivo en su inciso h, el de mantener y manejar las condiciones funcionales de las cuencas hidrográficas de modo que se aseguren la captación, flujo y calidad del agua, y se controle la erosión y sedimentación.

4.2. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO

La justificación de elegir únicamente tres (03) estaciones, corresponde al territorio donde se presentan y perciben los aspectos ambientales que pueden afectar la calidad del agua, asociados a las diferentes actividades vinculadas al sector minero que se desarrollan en el área de estudio, como lo demuestra el análisis realizado por las entidades ejecutoras (Figura 1).

Para el presente trabajo se realizó un análisis tomando como base los criterios que determinan áreas de influencia ambiental en un proyecto de inversión en correspondencia a los impactos que se pueden generar del mismo y su alcance espacial, con énfasis al cuerpo de agua cercano al área de un proyecto, considerando la posible afectación en la calidad de sus aguas por efecto de efluentes generados durante sus actividades, la ubicación de sus instalaciones, que según la norma vigente en minería (D.S. N° 020-2008-EM) indica con actitud vigilante que se contemple una distancia superior a 50 m, el consumo de sus aguas para el desarrollo de sus actividades (tipo extractivo). Asimismo, el cambio de uso de tierras puede afectar el equilibrio del agua y la cantidad y calidad de los recursos hídricos (Córdova, 2010; Galdo, 1985; Marcial, 2011; Mendoza, 2002).

Con lo cual se determinaron bajo los siguientes criterios:

- Criterios de carácter técnico: Hace referencia a la ubicación de los distintos componentes de un proyecto (bocatoma, planta concentradora, etc.), así como del área que estos ocuparían.
- Criterios de carácter ambiental: Este criterio está relacionado a los potenciales efectos que se producirían en el entorno circundante y que resultan de la evaluación de las características físicas (fisiográficas e hidrográficas) y biológicas (flora y fauna) del área en que se desarrollaría un proyecto.

- Criterios de carácter socioeconómico: Están relacionados a los centros poblados que se identifican en las inmediaciones de las actividades de un proyecto.

Con las premisas descritas para la selección de las estaciones que formaron parte de este trabajo se tomaron además, criterios que establece el Protocolo de monitoreo de agua vigente de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), según Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA donde se seleccionan puntos estratégicos de importancia en un proyecto de gestión ambiental, para el caso en cuestión se elige según:

- El acceso hacia las estaciones de muestreo.
- La actividad antrópica (industria, minería, etc.).
- Aguas arriba y aguas abajo de la actividad de interés.

Teniendo en cuenta los factores descritos se determinó que los puntos elegidos para la evaluación espacio temporal fueron las **estaciones E-08, E-09 y E-10** (ver Figura 10).

En el Cuadro 7 se pueden apreciar las coordenadas UTM de las estaciones elegidas para la red de monitoreo en estudio:

Cuadro 7: Ubicación de las estaciones de evaluación de calidad de agua.

Estación	Descripción	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84	
			Este	Norte
E-08	Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), Carretera Central km 89. Provincia de Huarochirí-Lima.	2 930	357 278	8 696 892
E-09	Río Rímac, Puente Tambo de Viso, Carretera Central km 83,5. Provincia de Huarochirí-Lima.	2 673	353 859	8 694 631
E-10	Río Rímac, Puente Surco, Carretera Central km 66. Provincia de Huarochirí-Lima.	1 979	342 372	8 685 678

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

Como se mencionó en la metodología, la ubicación de las estaciones seleccionadas también se puede visualizar en el mapa “Estaciones de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de las Aguas del Río Rímac”, ANEXO 2.

En las figuras 7, 8 y 9, se muestran algunas vistas de la zona donde se establecieron los puntos de monitoreo en estudio:



Figura 7: Vista de la estación E-08, salida de la bocatoma EDEGEL en carretera central km 89.

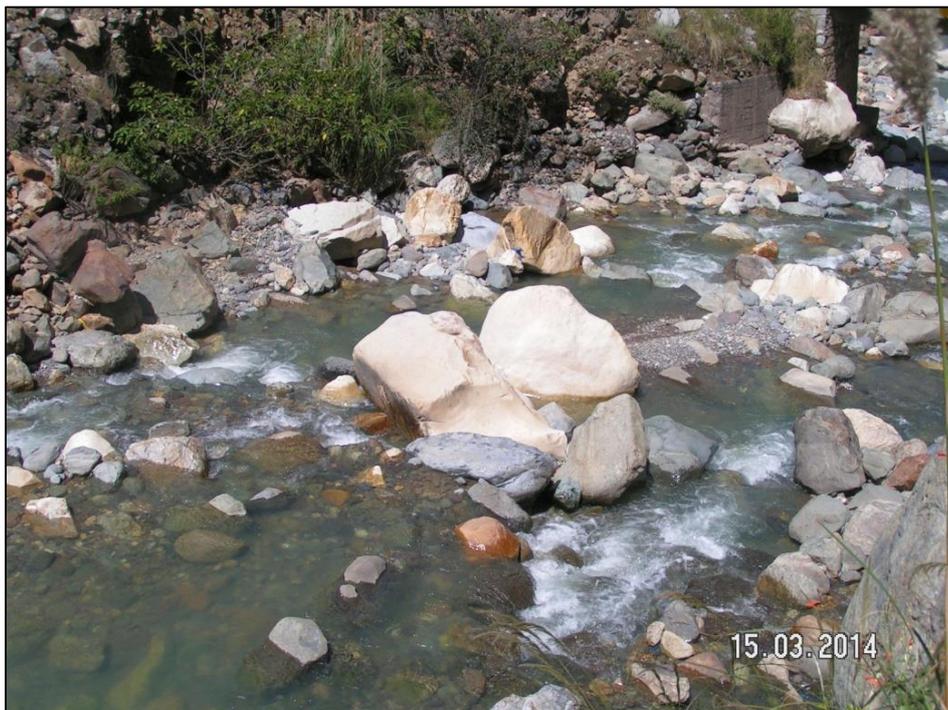


Figura 8: Vista de la estación E-09, Puente Tambo de Viso en carretera central km 83,5.



Figura 9: Vista de la estación E-10, Puente Surco en carretera central km 66.

Se conoce la ubicación exacta de los puntos de muestreo elegidos por medio de mapas cartográficos, vistas satelitales de páginas web disponibles (GEOCATMIN-INGEMMET, GOOGLE EARTH) y visitas in situ, por lo tanto se hizo la elección de las tres (03) estaciones para establecer la red de monitoreo en la parte alta con los criterios antes mencionados (Figura 10).

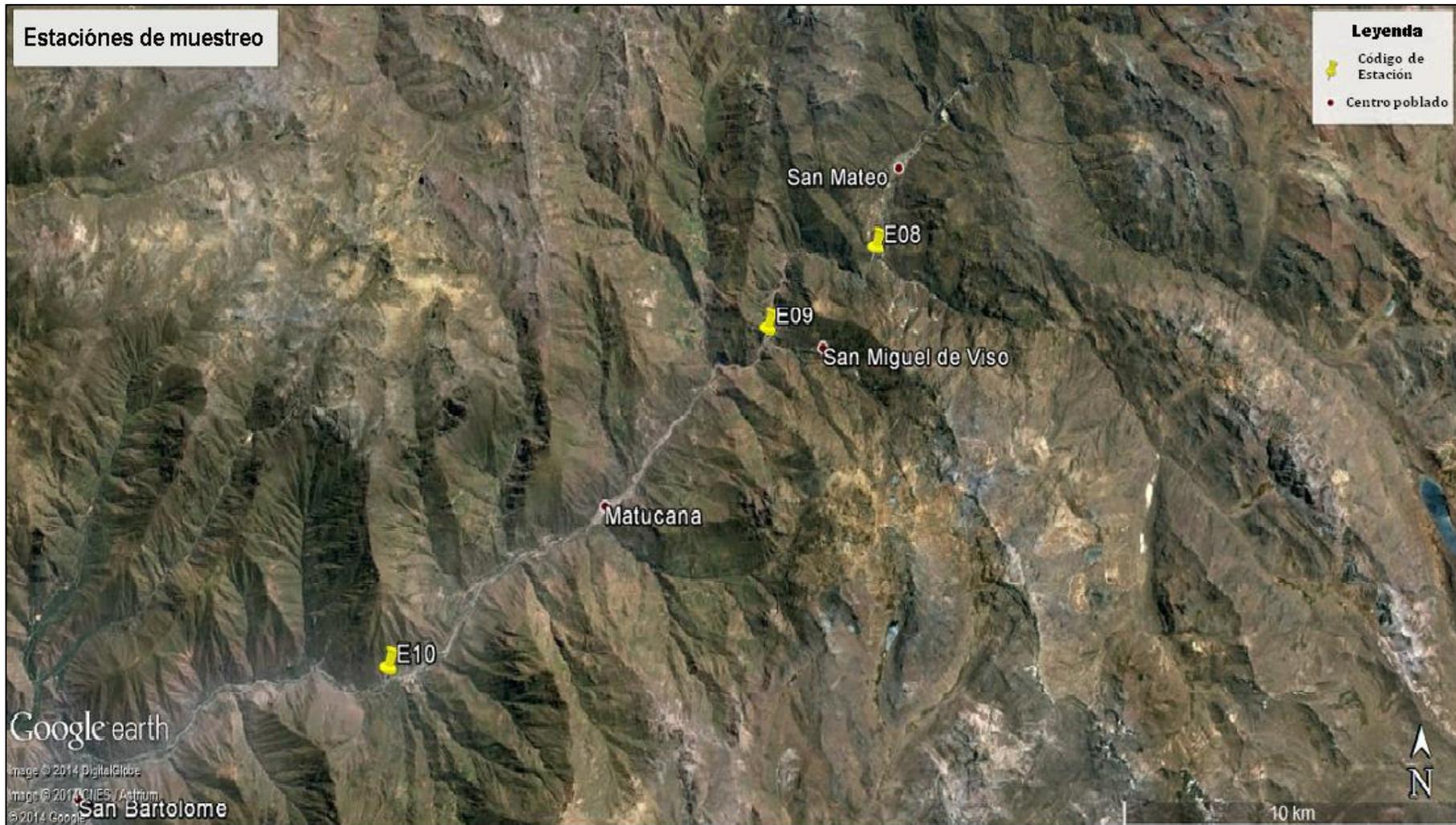


Figura 10: Ubicación de la red de monitoreo seleccionada (GOOGLE EARTH, 2014).

4.3. SELECCIÓN DEL PERÍODO DE MUESTREO

Como se indicó en la metodología, el período de muestreo quedó definido entre los meses de enero y agosto del 2011, de la evaluación realizada mediante el Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL. Se muestra la tabla de resultados general, donde se observan los parámetros y los meses evaluados por cada estación. De la cual se tomaron resultados para la época húmeda y seca en cada estación, para mayor distinción se definieron por colores cada época. En el Cuadro 8 se pueden apreciar los resultados de las estaciones de evaluación:

Cuadro 8: Resultados de las estaciones de evaluación de calidad de agua seleccionados.

Estación	Parámetro	unidad	°C	µS/cm	UNT	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Cu(mg/L)		mg/L	mg/L	Mn (mg/L)			mg/L	mg/L	NMP/100mL	NMP/100mL	VL/L		
			pH	T	c.e	Turb	OD	Aceites y grasas	TPH	CNWAD	Nt	PO4	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H'	Al	As	Cd	Cu D	Cu S	Cr	Fe	Mn D	Mn S	Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
E-08	Enero	8,82	13,3	444	243	9,81	1	0,05	0,003	0,78	0,054	0,005	0,414	4,59	1,02	26	2,3	542	125	417	1,99	3,692	0,045	0,012	0,199	0,156	0,028	5,46	0,658	0,31	0,169	1,75	0	0	16	
	Febrero	8,6	11,74	166	53	8	1	0,005	0,003	0,56	0,01	0,016	0,503	15,3	1,88	19	2	436			1,19	3,572	0,036	0,011	0,152	0,121	0,028	6,14	0,728	0,84	0,052	1,82	600	100	27	
	Marzo	9	13,1	470	52,4	7,53	1	0,005	0,003	0,54	0,01	0,006	0,369	15,3	1,42	8	2	358	50	308	2,29	1,383	0,029	0,01	0,093	0,077	0,028	1,67	0,394	0,385	0,031	1,26	24	24	0	
	Abril	9,45	13,24	568	49,6	3,41	1	0,005	0,0036	0,75	0,02	0,006	0,417	21,2	6,16	5	2	456	78	378		1,471	0,057	0,014	0,125	0,096	0,028	2,66	0,504	0,445	0,056	1,59	116	56	11	
	Mayo	8,11	12,88	297	10,3	6,1	1	0,005		0,75	0,034	0,002	0,322	33,1	0,7	36	2	584	17	567	1,79	0,231	0,058	0,016	0,156	0,109	0,028	0,861	0,579	0,445	0,052	1,91	216	184	43	
	Junio		15,97	905	11,2	5,81	3,1		0,003	0,59	0,012	0,012	0,289	33,7	0,81	7	4,6	668	5	663		0,167	0,042	0,01	0,076	0,057	0,028	0,505	0,249	0,057	0,027	1,28	160	0	3	
	Agosto	7,96	16,32	893		5,84	1		0,003	0,8	0,013	0,008	0,469	32,2	0,63	5	2,6	648	5	643	0,62	0,05	0,015	0,01	0,036	0,024	0,028	0,239	0,013	0,083	0,025	0,767	34	10	75,5	
	Enero	8,74	13,07	407	301	12,03				0,3	0,01	0,004	0,409	13,8	1,04	11	2,4	568	231	337		1,103	0,048	0,015	0,282	0,116	0,028	10,82	1,19	0,585	0,377	3,02	0	0	43	
E-09	Febrero	8,84	13,37	412	225	8,1			0,63	0,01	0,011	0,369	31,6	2,81	17	2	402			1,33	3,233	0,045	0,011	0,157	0,108	0,028	8,45	0,754	0,628	0,141	1,82	5	5	16		
	Marzo	9,02	13,2	414	102	7,66			0,64	0,01	0,005	0,382	12,2	1,82	27	2	340	80	260		2,035	0,05	0,01	0,099	0,087	0,028	2,55	0,431	0,418	0,05	1,27	0	0	38		
	Abril	9,59	13,86	508	56,2	3,41			0,92	0,01	0,004	0,397	16,1	6,22	6	2	412	74	338		1,061	0,037	0,013	0,145	0,074	0,028	2,54	0,498	0,362	0,073	1,64	12	4	0		
	Mayo	8,15	15,91	646	10,8	5,77			0,92	0,01	0,001	0,597	24,2	0,79	23	2	488	8	480		0,308	0,048	0,013	0,122	0,099	0,028	0,977	0,41	0,35	0,176	1,57	0	0	43		
	Junio		14,32	780	13,7	5,64			0,9	0,01	0,001	0,609	32,7	1,17	16	3,9	592	5	587		0,402	0,074	0,01	0,142	0,095	0,028	0,844	0,391	0,095	0,025	1,88	0	0	2,5		
	Agosto								0,79	0,035	0,002	0,596	34,2	0,29	5	2,4						0,138	0,193		0,046				0,08			0	0	70		
	Enero	8,85	14,48	409	398	9,96			0,79	0,01	0,005	0,594	16,8	0,95	16	2	652	322	330			1,366	0,037	0,01	0,17	0,035	0,028	10,86	0,914	0,184	0,174	1,79	400	300	54	
	Febrero	9,01	15,36	398	235	8,1		0,003	0,72	0,01	0,012	0,701	12,2	1,91	16	2	436			0,98	5,311	0,056	0,01	0,095	0,077	0,028	8,49	0,634	0,523	0,056	0,281	400	400	43		
E-10	Marzo	9,07	15	434	121	8,03			0,88	0,01	0,008	0,473	13,3	1,4	21	2	382	96	286		2,759	0,038	0,01	0,07	0,062	0,028	4,17	0,361	0,322	0,039	0,853	1100	0	22		
	Abril	9,53	15,45	453	68,2	3,63			0,97	0,024	0,006	0,688	15,3	5,82	13	2	370	74	296		0,795	0,02	0,01	0,051	0,029	0,028	1,49	0,251	0,163	0,025	0,596	2200	780	16		
	Mayo	8,46	18,02	574	9,7	5,8			0,97	0,061	0,002	1,138	28,4	0,8	14	2	420	5	415		0,05	0,019	0,01	0,015	0,008	0,028	0,187	0,031	0,026	0,025	0,16	2400	300	21,5		
	Junio		18,05	728	17,3	6,57			2,26	0,067	0,002	1,422	33,7	3,11	12	5,1	534	5	529		0,05	0,023	0,01	0,01	0,005	0,028	0,069	0,013	0,005	0,025	0,101	0	0	32,5		
	Agosto	8,35	15,72	804		6,2			1,58	0,105	0,004	1,211	13,3	0,78	5	2,3	554	5	549		0,05	0,022	0,01	0,01	0,017	0,028	0,038	0,202	0,006	0,025	0,046	14	0	75,5		
	ECA⁽¹⁾ Cat.3a: Riego de Vegetales		6,5-8,5	NA	< 2 000	NA	≥ 4	1	NA	0,1	NA	1	0,06	10	100-700	NA	40	15	NA	NA	NA	NA	5	0,05	0,005	0,2		NA	1	0,2		0,05	2	5 000/5 000	1 000/2 000	NA

Cu D Cobre tomado por DIGESA
 Cu S Cobre tomado por SEDAPAL
 Mn D Manganeso tomado por DIGESA
 Mn S Manganeso tomado por SEDAPAL

(1) D.S. 002-2008-MINAM. Categoría 3a: Riego de Vegetales.

NA: No Aplica

FUENTE: Registros de datos de los informes de ensayo de DIGESA Y SEDAPAL (2011).

4.4. EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO LOS INDICES DE CALIDAD DE AGUA:

4.4.1. EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO: ICA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS (WQI NSF)

En la aplicación del ICA de la NSF para la estimación de los factores de cada variable se hicieron las siguientes consideraciones:

- Teniendo en cuenta que la variabilidad de la temperatura del agua se encuentra influenciada por la hora a la cual fue tomada la muestra y este dato no se determina en los resultados obtenidos de los muestreos realizados por la DIGESA Y SEDAPAL, se asumió un cambio DT (delta de temperatura) nulo en cualquier parte de la cuenca al cual corresponde un factor de escala QDT=90.

- Se promediaron los valores de las variables de cada parámetro para la época húmeda y seca de cada estación para tener índices por cada época (época húmeda y época de estiaje). Ver ANEXO 4

- El aporte del oxígeno disuelto en el índice WQI NSF viene dado en términos de porcentaje, mientras que en los resultados de los muestreos obtenidos por la DIGESA Y SEDAPAL se presentan en mg/L, por lo que se aplicó a esta variable un factor de transformación por temperatura, altitud y contenido de sales disueltas para obtener % de saturación por cada valor (Standard Methods, 1989). Ver ANEXO 4

Después de aplicar el método propuesto por la NSF se ha estimado el valor del índice WQI NSF en los diferentes puntos de muestreo seleccionados para cada época de muestreo. Los cuadros del ANEXO 4, muestran los valores de Q, así como los valores ponderados para la determinación del WQI NSF.

Como se puede observar en los resultados de estos valores ponderados del parámetro porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en la época húmeda para las tres estaciones son similares alrededor de 16, en el caso de coliformes fecales se encuentra un pico en la **estación E-09** que presenta la calificación más alta (11) debido a que en esta estación se registró el menor valor promedio de coliformes (menor a 2,25 NMP/100mL). La calificación del pH, DBO, fosfato y nitrato para las

estaciones es igual dado que sus valores son muy cercanos entre sí. En el caso de la turbidez el valor más alto de ponderación está en la **estación E-08** debido a que en este punto se registró el menor valor promedio de turbidez (99,5 UNT) y en las estaciones siguientes los valores van aumentando. En la calificación de sólidos totales disueltos el mayor valor se encuentra en la **estación E-10** puesto que de las tres estaciones esta tiene el valor promedio más bajo (304 mg/L) debido a que su valor promedio registrado para esta estación también es la más baja de las tres estaciones.

El valor ponderado del parámetro oxígeno disuelto en la época seca es alto en la **estación E-08** con una calificación de 15,30, en el caso de coliformes fecales se encuentra un pico en la **estación E-09** que es de calificación más alta (11,68) debido a que en esta estación se registró el menor valor promedio de coliformes (menor a 1,8 NMP/100mL). La calificación del pH en la **estación E-08** es la más alta, debido a que registra el valor más bajo de las tres estaciones, aunque los valores de este parámetro se encuentran cercanos unos de otros, entre 8 a 8,4, DBO, fosfato, nitrato y turbidez para las estaciones son muy similares dado que sus valores son muy cercanos entre sí. En la calificación de sólidos totales disueltos el mayor valor se encuentra en la **estación E-10** puesto que de las tres estaciones esta tiene el valor más bajo promedio (304 mg/L) debido a que su valor promedio registrado para esta estación también es la más baja de las tres estaciones.

Una vez determinado el índice WQI NSF en cualquier punto, puede clasificarse la fuente de acuerdo con los intervalos señalados en el Cuadro 3 anteriormente descrito.

El Cuadro 9 muestra los índices resultantes para cada estación en su época correspondiente:

Cuadro 9: Índices resultantes por época para cada estación según ICA NSF.

ÉPOCA DE MEDICIÓN	E-08	E-09	E-10
Época Húmeda (EH)	73.37 Bueno	75.76 Bueno	68.74 Medio
Época Seca (ES)	74.94 Bueno	79.88 Bueno	74.19 Bueno

FUENTE: Elaboración propia (2014).

Podemos observar que en las **estaciones E-08 y E-09** la calidad de agua para la época húmeda es buena y para la **estación E-10** la calidad es media. La calidad de agua para la época seca de las tres estaciones es buena.

Así las condiciones más favorables de calidad de agua (buena) aparecen con mayor proporción en la parte alta de la red de monitoreo (**estaciones E-08 y E-09**). Siendo en la **estación E-10** que las condiciones de calidad son medias a buenas.

La calificación relativamente baja del agua en la **estación E-10**, respecto de las otras dos estaciones, se debe a que el parámetro coliformes termotolerantes, fosfato y nitrato registrados en esta estación son los más altos y el DBO a su vez es bajo. Debido a que las poblaciones ubicadas en el área de estudio (San Mateo, San Miguel de Viso y Matucana) vierten sus residuos sólidos, excedentes de la actividad agrícola, así como sus residuos líquidos domésticos, sin tratamiento alguno, al cauce del río.

4.4.2. EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO: CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE (CCME WQI)

Para la evaluación espacial del CCME WQI, aplicando la metodología canadiense, en cada estación se hallaron los factores descritos de F1, F2 y F3 para cada época (húmeda y seca) los mismos que se muestran en el ANEXO 5, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 10: Índices resultantes por época para cada estación según ICA CCME.

ÉPOCA DE MEDICIÓN	E-08	E-09	E-10
Época Húmeda (EH)	78.8 Aceptable	72.8 Aceptable	71.3 Aceptable
Época Seca (ES)	87.2 Buena	84 Buena	95.2 Excelente

FUENTE: Elaboración propia (2014).

Cabe resaltar que para la determinación de las calidades de agua siguiendo la metodología del CCME WQI se usaron como base de comparación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua en la Categoría 3 (Agua para riego) para la obtención de las calificaciones.

En los puntos de monitoreo de las tres estaciones, en la época húmeda, se encuentra una calidad aceptable (con índices de 79, 73 y 71 para las **estaciones E-08, E-09 y E-10** respectivamente). De acuerdo a esta calificación le corresponde la siguiente descripción: la calidad de agua se encuentra generalmente protegida pero ocasionalmente amenazada o perjudicada; las condiciones algunas veces se alejan de las deseables. En la época seca, se encuentra una calidad buena para las **estaciones E-08 y E-09** (con una valoración para ambas 87 y 84 respectivamente), la calidad del agua se encuentra protegida con un grado menor de deterioro; allí las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables. Para la **estación E-10** se observa que se encuentra una calidad excelente (95), la calidad del agua se encuentra protegida con ausencia virtual de amenaza, donde las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables. Esto se debe principalmente a que la mayoría de parámetros evaluados no presentan valores que superen a los ECA para agua de Categoría 3 y las concentraciones considerables de nitrato, fosfato y coliformes termo tolerantes provenientes de materia orgánica de las descargas municipales de Matucana, las cuales que sin estar fuera de los rangos establecidos por los estándares ya mencionados, son mayores a las otras estaciones, constatado además por un incremento en la concentración de DBO en esta estación.

4.5. EVALUACIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO APLICANDO LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

En cada estación se hallaron las matrices de correlación de Pearson para cada época (húmeda y seca). Dichas matrices se muestran en el ANEXO 6. De estas matrices se seleccionaron las correlaciones positivas con calificaciones más altas, es decir aquellas más cercanas al valor 1, para formar grupos de correlación.

Del mismo modo, en cada estación que comprende la evaluación, se obtuvieron los gráficos de ACP para cada época (húmeda y seca), los mismos que presentan una variabilidad entre los parámetros indicados (ANEXO 7). Aquellos parámetros que más se acerquen a la circunferencia del gráfico serán los parámetros con correlaciones más altas (estas correlaciones se verifican igualmente en la matriz

de Pearson) a su vez los parámetros que se encuentren dentro de un mismo cuadrante corresponden a correlaciones positivas y aquellos que se encuentren en cuadrantes opuestos tendrán correlaciones negativas, finalmente los parámetros más cercanos entre sí serán aquellos que más relación tengan obteniéndose los siguientes resultados en las figuras debajo:

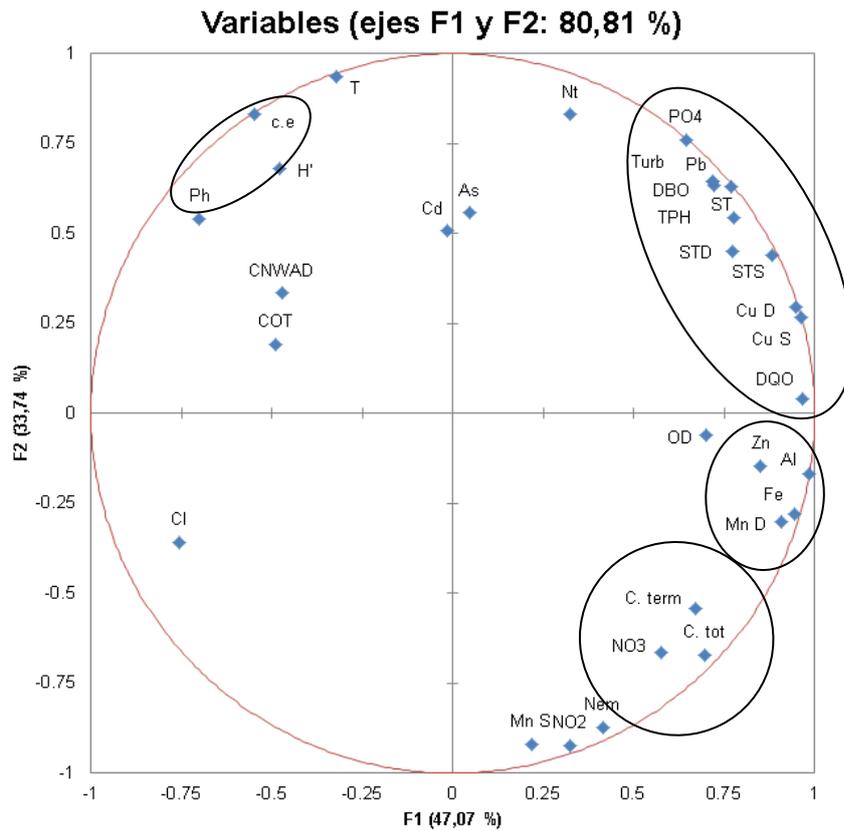


Figura 11: Resultados de la estación E-08 en época húmeda por ACP.

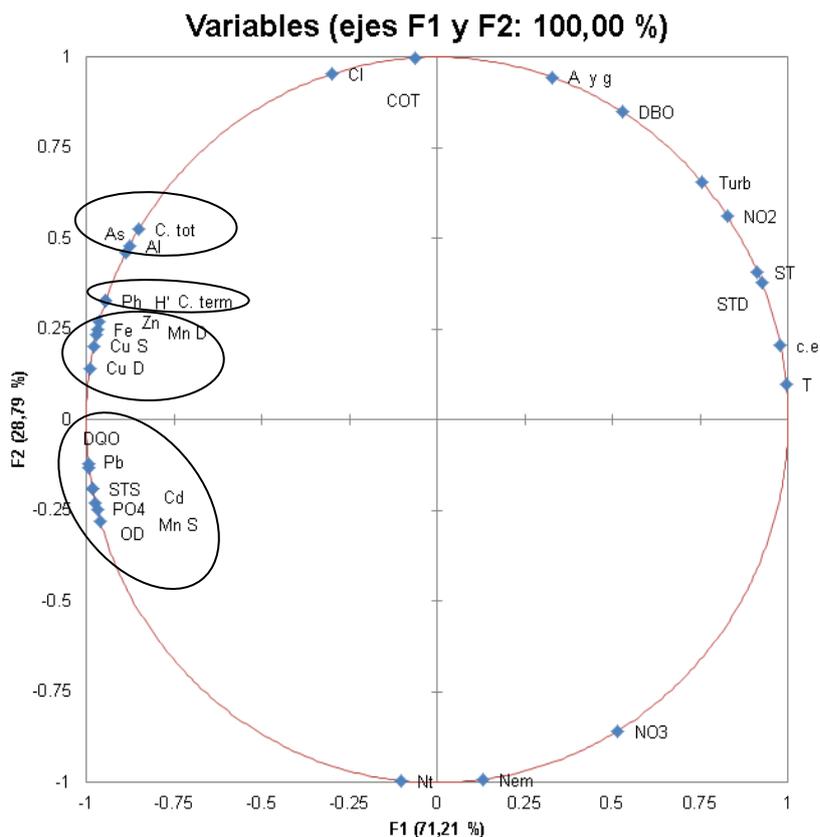


Figura 12: Resultados de la estación E-08 en época seca por ACP.

De la matriz de Pearson se verifica en el gráfico de ACP que corresponden a la época húmeda de la **estación E-08** grupos de parámetros que se aglomeran de la siguiente manera:

Un primer grupo con una correlación positiva alta conformada por: Turb con TPH, PO4, DBO, Pb. ST con Cu. El segundo grupo por: NO3 con Coliformes totales y Coliformes termotolerantes. El tercer grupo por: As con Cd y finalmente el grupo formado por: Fe, Mn y Zn.

En la época seca, se observa que la forma en que las variables más se correlacionan corresponden a:

Un primer grupo con una correlación positiva alta conformada por: PO4, STS, Cd, OD, DQO, Pb. El siguiente grupo de importancia está formado por: Cu (S) con Fe, Mn (D), Zn.

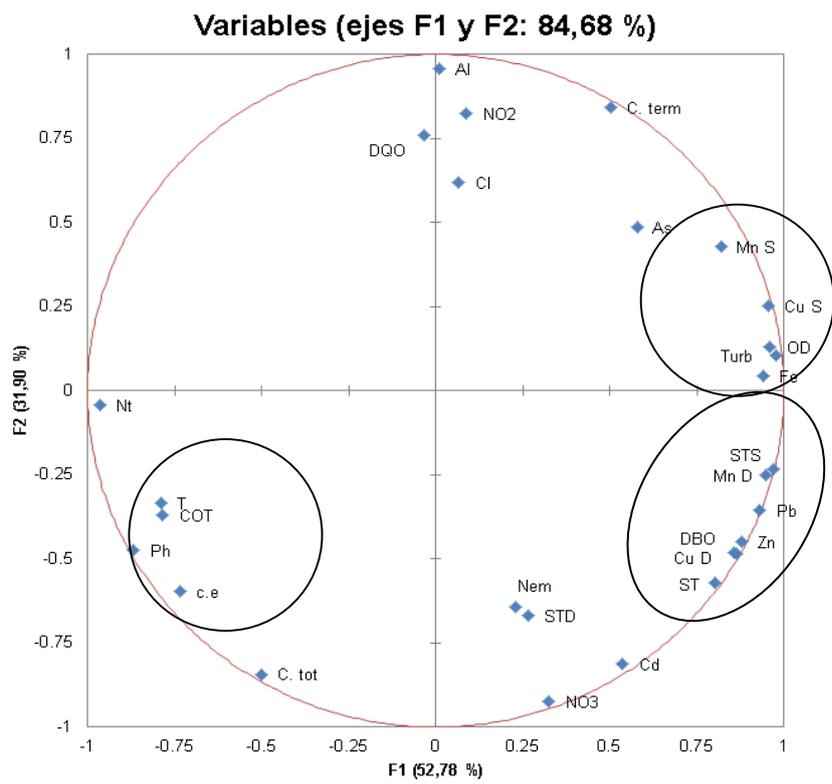


Figura 13: Resultados de la estación E-09 en época húmeda por ACP.

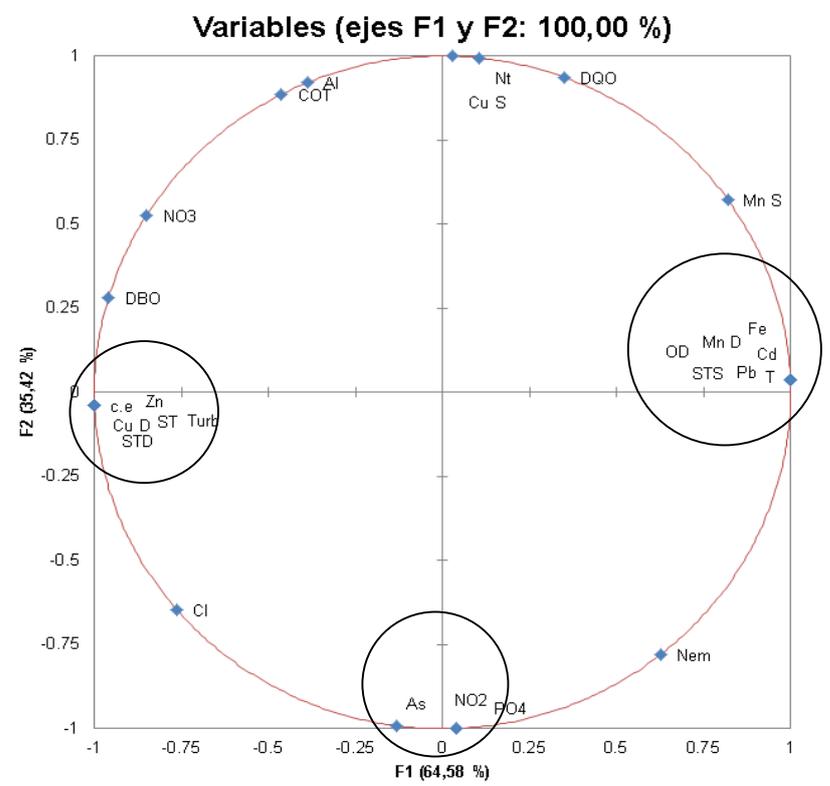


Figura 14: Resultados de la estación E-09 en época seca por ACP.

De la matriz de correlaciones de la **estación E-09** época húmeda, se observa que la forma en que las variables más se correlacionan corresponden a:

Un primer grupo con una correlación positiva alta conformada por: CE, pH, T°, COT. Seguido del grupo formado por: Turb con, Fe, OD. Finalmente el grupo formado por: Pb, DBO, Zn, ST, Cu, STS, Mn.

En su respectiva época seca, se observa que la forma en que las variables más se correlacionan corresponden a:

Un primer grupo con una correlación positiva alta conformada por: T° con OD, STS, Cd, Fe, Mn, Pb. Un segundo grupo conformado por: CE con Turb, ST; STD, Cu, Zn. Finalmente el grupo formado por NO2 con PO4.

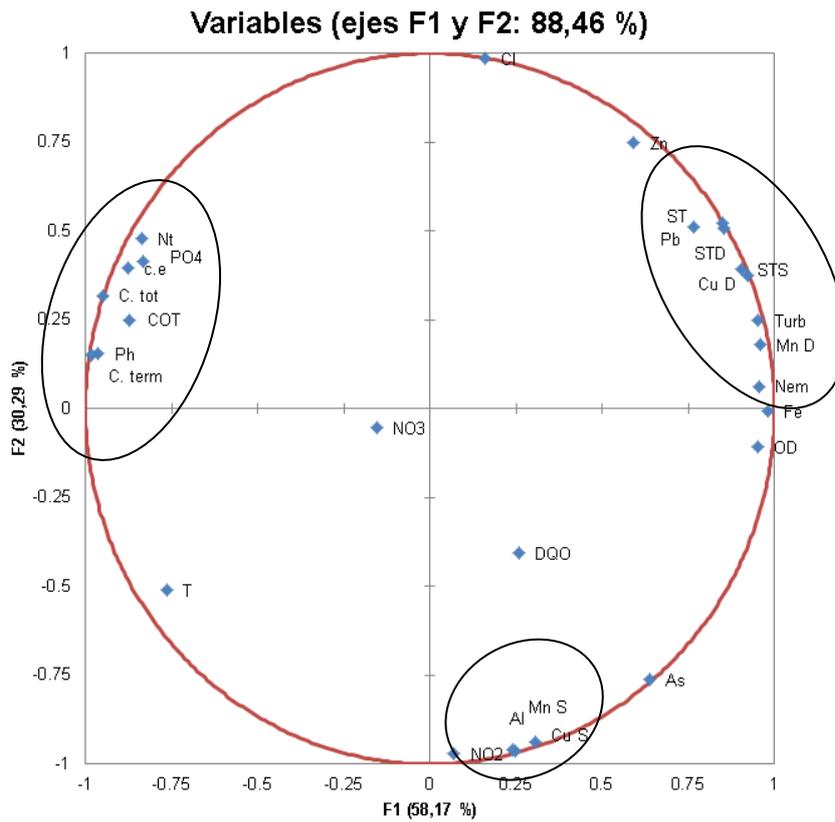


Figura 15: Resultados de la estación E-10 en época húmeda por ACP.

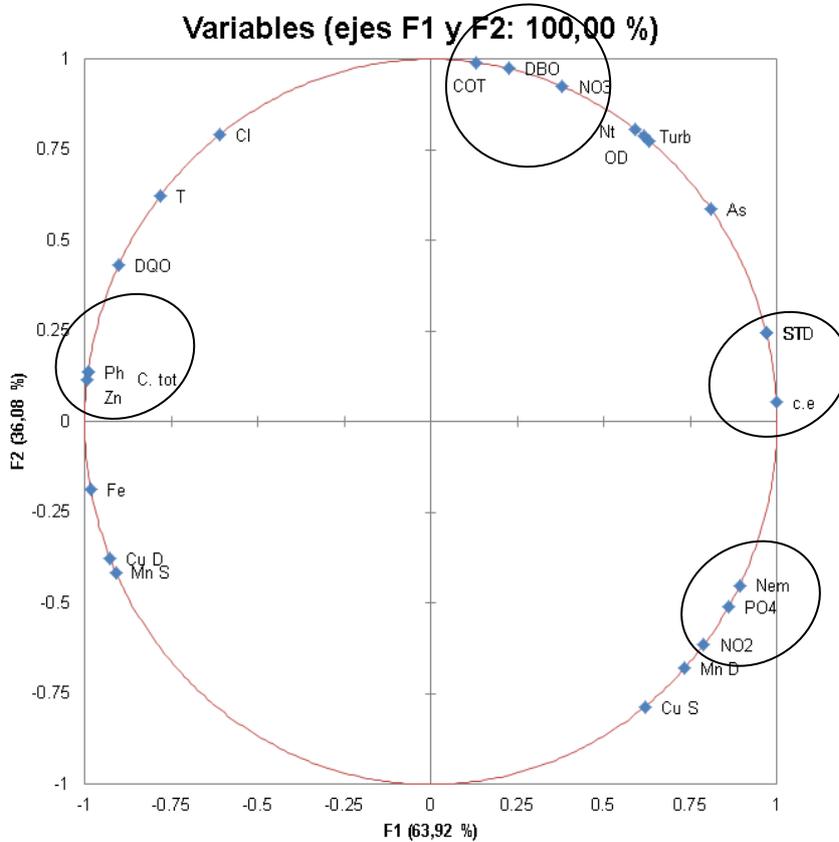


Figura 16: Resultados de la estación E-10 en época seca por ACP.

De la matriz de correlación de Pearson, **estación E-10** época húmeda, se observa que la forma en que las variables más se correlacionan corresponden a:

Un primer grupo con una correlación positiva alta conformada por: Ctot con COT, pH, Cterm, CE, Nt, PO4. El siguiente grupo conformado por Turb, ST; STS, Cu, Fe, Mn, Pb y Nem. Finalmente el grupo formado por: NO2 con. Al.

Para la época seca, se observa que la forma en que las variables más se correlacionan corresponden a:

Un primer grupo conformado por Turb, OD, Nt. El siguiente grupo por: PO4 con Nem. Finalmente: DBO, NO3, COT.

En ambas épocas en las tres estaciones, las concentraciones del plomo, cadmio, arsénico, ST, Turb, hierro, manganeso, zinc e incluso el cobre se encuentran alta y positivamente correlacionados describiendo un comportamiento asociado, esto debido a que probablemente provienen de una misma fuente común, el origen de esta fuente puede ser antropogénica de la actividad minera, ya que existen un grupo de minas apostadas en la parte alta, que explotan plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio. Por lo que los efluentes provenientes de sus plantas concentradoras, las aguas de mina, así mismo los arrastres ocasionales de un depósito de relaves de minerales al borde del río, con taludes empinados e inestables cubierto por geomembranas, a unos kilómetros aguas abajo de la **estación E-08**, ricos en estos minerales podrían estar llegando al río, por lo que los sólidos totales deben estar en mayor proporción conformados por los metales pesados antes mencionados.

Además, el aluminio, hierro, manganeso, zinc e incluso el cobre son elementos constituyentes naturales propios de este suelo, los cuales son arrastrados por escorrentía superficial durante la época de mayor precipitación.

También se puede observar una asociación similar al fosfato, nitrato, Ctot y Cterm debido a las descargas agrícolas y municipales de San Mateo, San Miguel de Viso y Matucana (poblaciones ubicadas alrededor del río dentro de nuestra zona de estudio) quienes viertes sus desagües sin ningún tratamiento al cauce del río, por lo que a su vez la demanda bioquímica en las muestras del río aumentan.

La CE observada en las tres estaciones tiene también correlación positiva con SDT y ST, mostrando correlaciones más estrechas en los meses de estiaje que en las

épocas de mayor precipitación. Ya que los metales como Calcio, magnesio, sodio y potasio, que se encuentran en mayor proporción en la época húmeda que en la seca, conducen mejor la conductividad que el hierro, aluminio, plomo, cadmio, en general lo metales pesados, los que se encuentran en menor proporción durante la época húmeda que la época seca.

Así mismo, el pH y la CE observadas en las tres estaciones tiene también correlación positiva siendo mayor durante la época húmeda, por efecto de las precipitaciones de esta época pues la escorrentía causada por la lluvias arrastran consigo las sales del suelo como el magnesio, calcio, sodio y potasio que son las que conducen mejor la electricidad, llegando al río.

Estas asociaciones están influenciadas principalmente por el caudal del río el cual es mayor en la época húmeda por lo que la turbidez aumenta durante este período junto con los minerales que son arrastrados por las aguas de mina que en esta época también aumentan.

4.6. CONTRASTE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA RESPECTO A SU APTITUD PARA LAS ACTIVIDADES DE RIEGO

Debemos recordar que el caudal del río en este sector es controlado por la bocatoma de EDEGEL, la cual capta las aguas en la **estación E-08** para las hidroeléctricas que se encuentran ubicadas a lo largo del cauce del río. Por lo tanto debido al factor del caudal los resultados de algunos de los parámetros evaluados se ven más afectados durante la época de estiaje.

Como ya se vio en los resultados de ambos índices, las calificaciones de las aguas van de buena a media calidad, en el caso de la WQI NSF, y aceptable en índice CCMMA de las aguas de las tres estaciones en la época húmeda.

En la época seca el índice NSF muestra una tendencia de calidad buena y en el caso del índice CCMMA las calidades van de buena a excelente.

Estos resultados se deben a que el IWQ NSF le da mayor valor de ponderación a los parámetros de oxígeno disuelto y coliformes fecales. Las curvas de función de sus parámetros a comparar califican óptimamente porcentajes de

saturación de oxígeno disuelto mayores y para altos valores de coliformes fecales, califica con valores bajos el valor del factor Q.

Una de las limitaciones del índice WQI NSF es que ha sido desarrollado como una herramienta para caracterizar en forma general la calidad de las aguas, de tal forma que procesos físicos, químicos y biológicos que indican alta degradación de las aguas pueden ser enmascarados por otros que no sugieren contaminación alguna (o mínima).

En el CCME WQI los valores encontrados en los parámetros de las estaciones de muestreo son comparadas con los rangos establecidos por el ECA para agua categoría 3 (agua de riego) comparando que tanto las variables se alejan de los estándares marcados en la normativa. Además, brinda tolerancias en coliformes termotolerantes de 5 000 y 2 000 NMP/100 mL. Por otro lado este índice, en comparación con el WQI NSF le da el mismo peso a todos los valores.

En tal sentido el CCME WQI es más flexible permitiendo utilizar dentro de la función todos los parámetros que, de acuerdo a nuestro interés, deseamos verificar en nuestro caso, como ya se mencionó supra, los parámetros considerados en el ECA para agua categoría 3 (agua de riego).

4.7. DESCRIPCIÓN DE LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS.

A continuación se describen los parámetros con relación a la Categoría 3 del ECA para Agua, sustentados con los resultados obtenidos para la evaluación temporal y espacial realizada en la época húmeda y en la época seca:

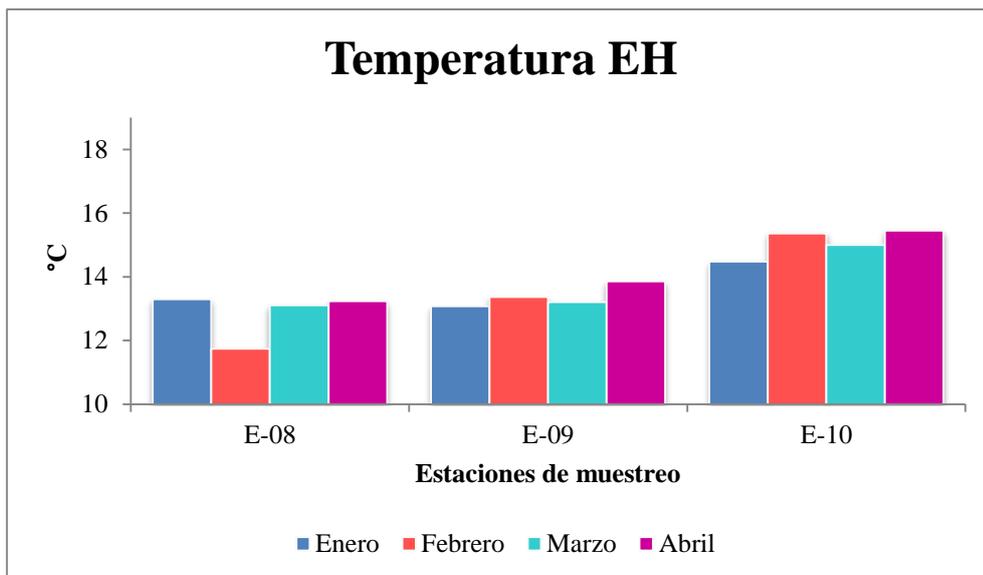


Figura 17: Variación de la temperatura en época húmeda por estación.

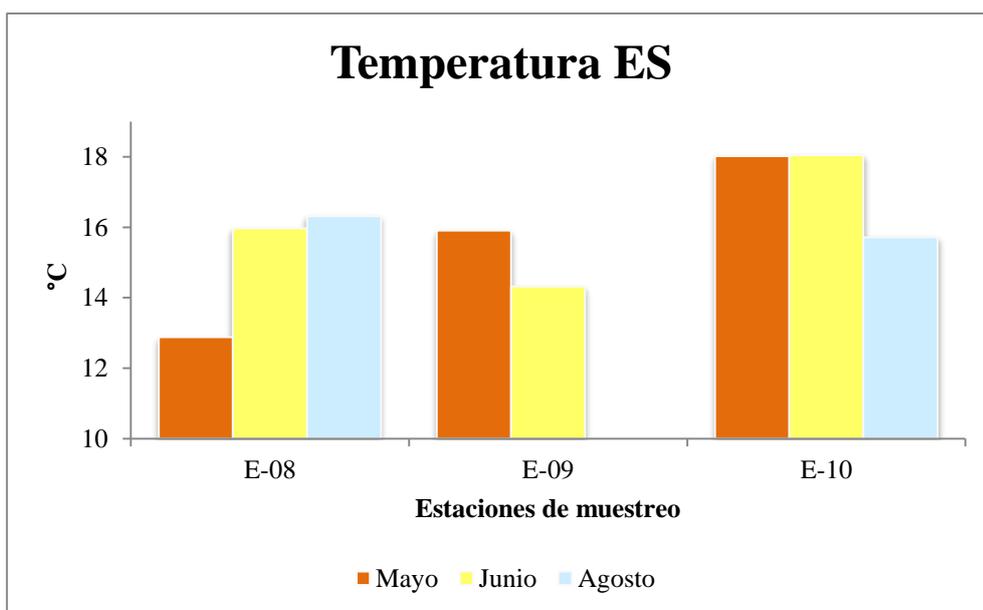


Figura 18: Variación de temperatura en época seca por estación.

En la **estación E-08**, en la época húmeda, el agua se caracteriza por presentar una temperatura que varía entre los valores de 11,74 y 13,3 °C. Para la época seca se encontraron temperaturas entre 12,88 y 16,32 °C.

Para la **estación E-09**, la característica del agua en la época húmeda se presenta con una temperatura que varía entre los valores de 13,07 y 13,86 °C. Para la época seca se encontraron temperaturas entre 14,32 y 15,91 °C.

En la **estación E-10**, el agua se caracteriza por presentar una temperatura que varía entre los valores de 14,48 y 15,45 °C en la época húmeda. Para la época seca se encontraron temperaturas entre 15,72 y 18,05 °C, relativamente mayores a los de la época húmeda.

La temperatura durante la época húmeda es relativamente baja a la registrada en la época de estiaje. Además la temperatura va en orden creciente de la **estación E-08 a la E-10**, este incremento podría ser debido a las descargas domésticas que se concentran a la salida del poblado de Matucana.

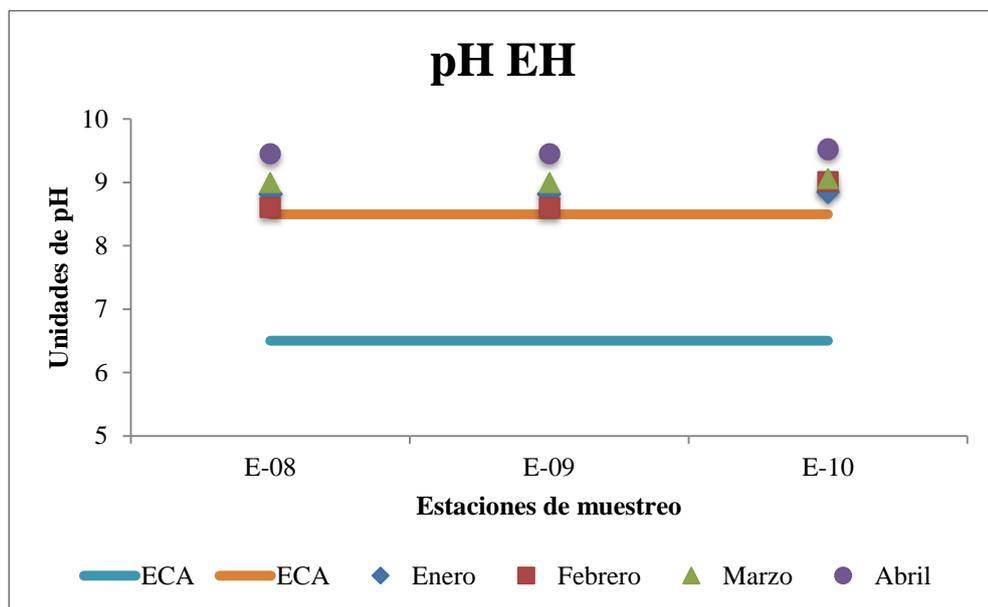


Figura 19: Variación de pH en época húmeda por estación.

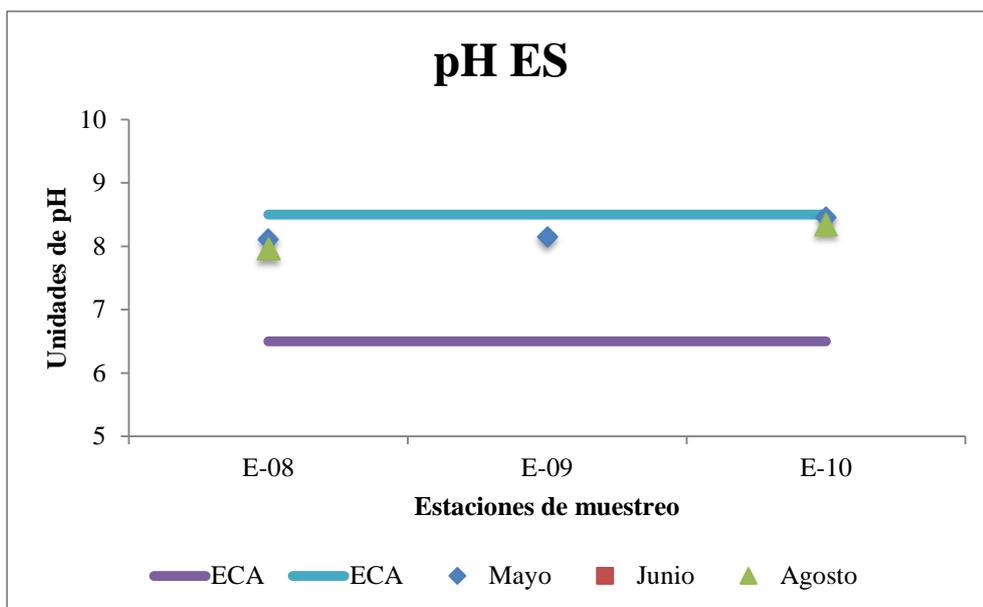


Figura 20: Variación de pH en época seca por estación.

En la **estación E-08**, en la época húmeda se observó que los valores oscilan entre 8,6 y 9,45 unidades, los mismos que superan el valor máximo establecido en el ECA para Agua Categoría 3a. En la época seca, los valores obtenidos se encuentran entre 7,96 y 8,11 unidades, es decir se establecen dentro del rango de pH para esta categoría (6,5-8,5 unidades de pH).

En la **estación E-09**, en la época húmeda se observó que los valores oscilan entre 8,74 y 9,59 unidades, los mismos que superan el valor máximo establecido en el ECA para Agua Categoría 3a. En la época seca, únicamente se tiene un registro, que se encuentra dentro del rango de pH para esta categoría (6,5-8,5 unidades de pH).

En la **estación E-10**, en la época húmeda presenta valores que oscilan entre 8,85 y 9,53 unidades, los mismos que superan el valor máximo establecido en el ECA para Agua Categoría 3a. En la época seca, los valores registrados de 8,35 y 8,46 unidades, se establecen dentro del rango de pH para esta categoría (6,5-8,5 unidades de pH) con una aproximación al límite superior del rango.

En este parámetro se observa un comportamiento creciente durante la época húmeda. Además, los valores de pH que sobrepasan lo establecido en el ECA agua se presentan desde la estación 01 (bocatoma laguna Ticticocha), este comportamiento

puede deberse a que en la parte superior de la cuenca el suelo es rico en materiales carbonados.

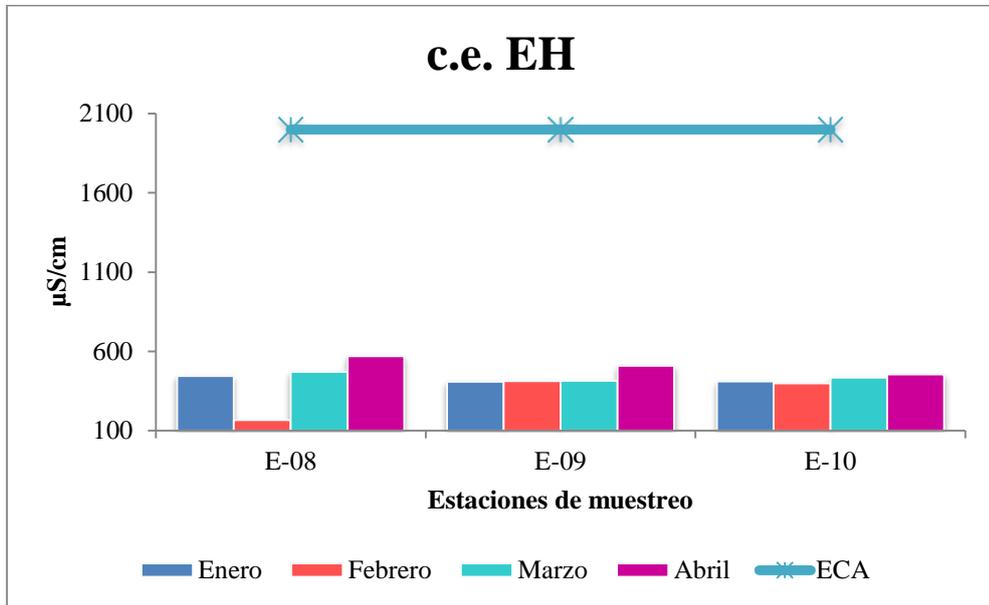


Figura 21: Variación de conductividad eléctrica en época húmeda por estación.

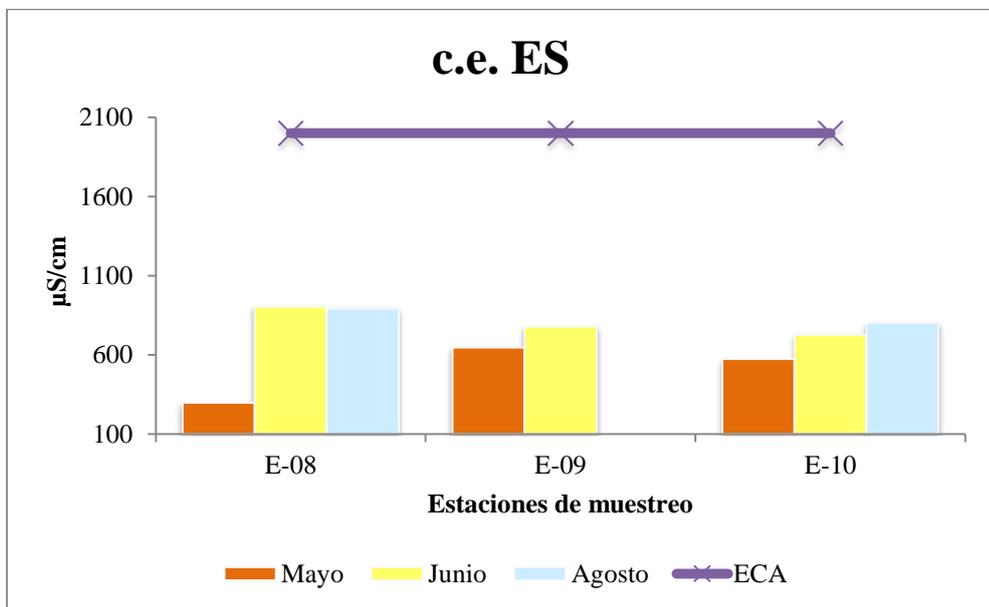


Figura 22: Variación de conductividad eléctrica en época seca por estación.

En la **estación E-08**, las concentraciones de conductividad eléctrica muestra valores entre 166 y 568 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época húmeda y de 297 a 905 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época

seca, en la **estación E-09**, Las concentraciones de conductividad eléctrica muestra valores entre 407 y 508 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época húmeda y de 646 y 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época seca, en la **estación E-10** las concentraciones de conductividad eléctrica muestra valores, en ambas épocas se encuentran cumpliendo con lo establecido del ECA para Agua ($< 2\,000\ \mu\text{S}/\text{cm}$).

En todos los casos se observó que la CE se incrementa en la época seca. Puesto que durante el estiaje el caudal del río baja pero los efluentes de las mineras, así como de las poblaciones cercanas siempre serán relativamente estables lo que permite una mayor concentración de las sales e iones.

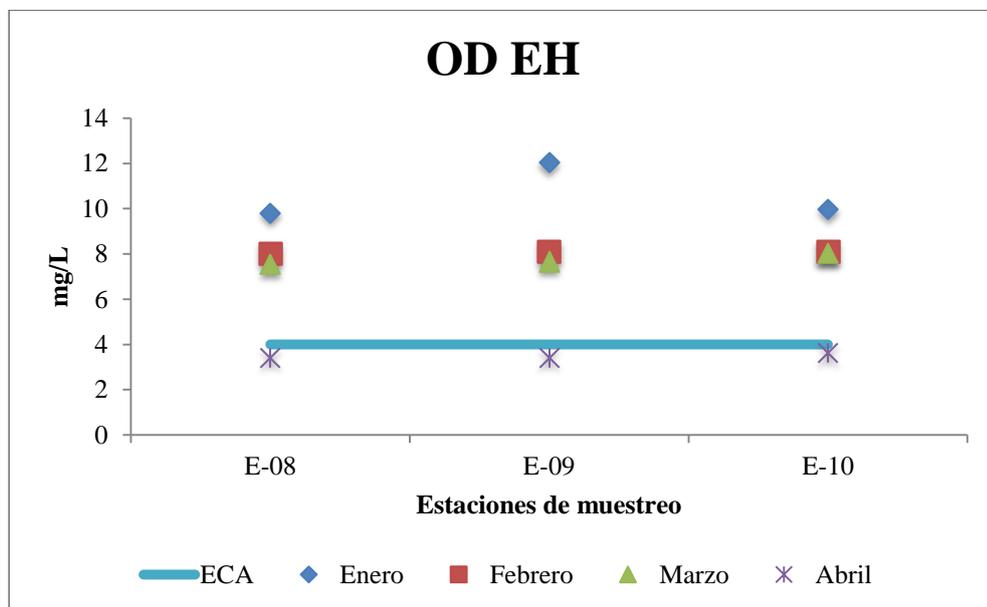


Figura 23: Variación de oxígeno disuelto en época húmeda por estación.

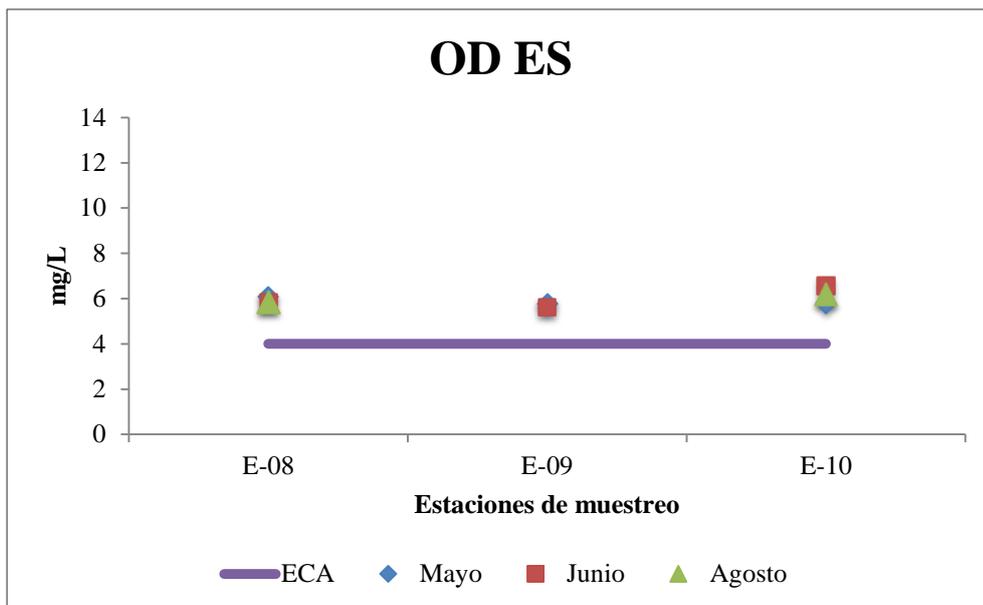


Figura 24: Variación de oxígeno disuelto en época seca por estación.

En las tres estaciones la concentración de oxígeno disuelto en la época húmeda presentó que en el mes de abril no cumplió con el ECA para Agua (≥ 4 mg/L). Para la época seca, se observó que todos los valores cumplen con el ECA para Agua.

En la época húmeda se observó un incremento con respecto a la época seca. La sobre saturación del oxígeno disuelto en el agua durante la época húmeda se debe en gran medida al aumento del caudal que vuelve turbulentas las aguas lo que permite un aumento de los valores registrados para este parámetro.

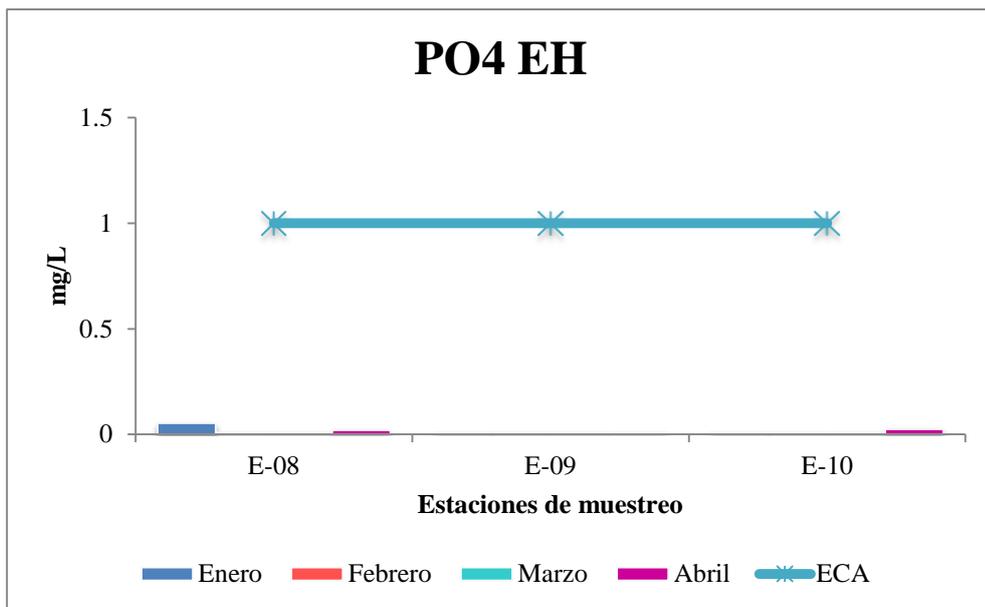


Figura 25: Variación de fosfato en época húmeda por estación.

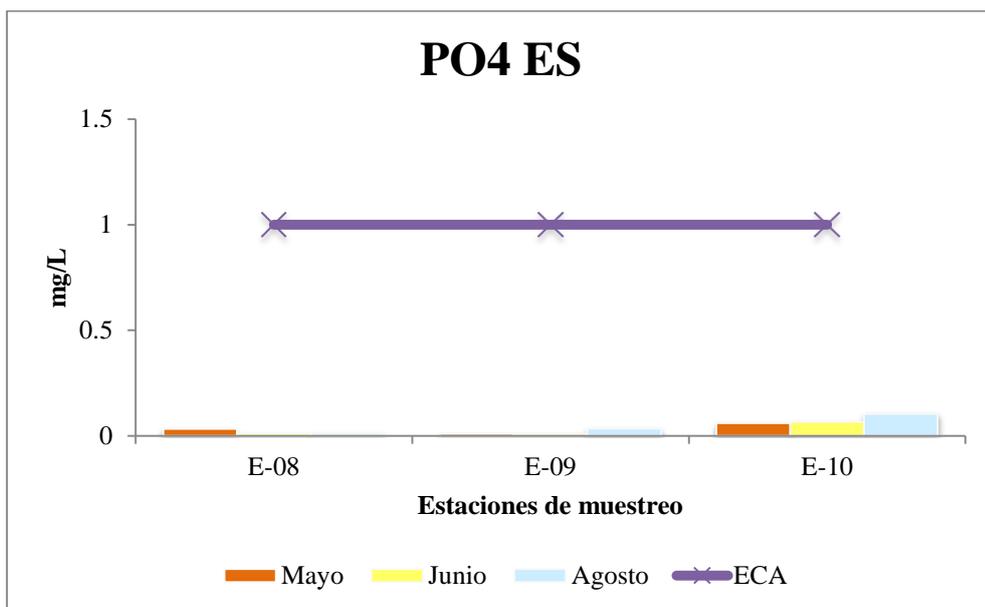


Figura 26: Variación de fosfato en época seca por estación.

De la misma manera, se observó que las concentraciones de fosfato en la **estación E-08**, tanto para época húmeda y seca no superan el valor que establece el ECA para Agua (1 mg/L), encontrándose valores entre 0,01 y 0,054 mg/L.

En la **estación E-09** y **estación E-10** las concentraciones de fosfato, tanto para época húmeda y seca no superan el valor que establece el ECA para Agua (1 mg/L), encontrándose valores entre 0,01 y 0,041 mg/L.

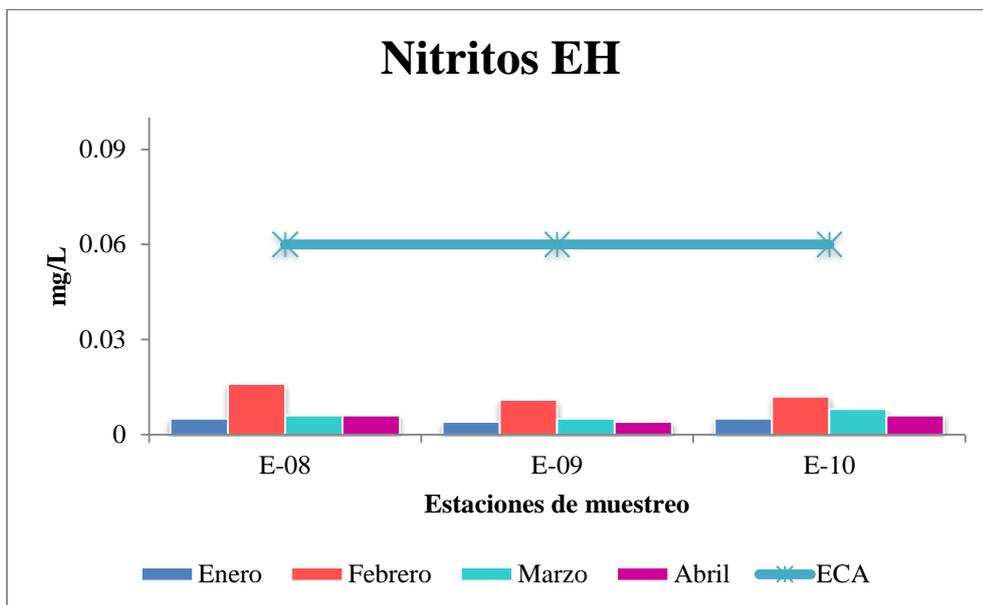


Figura 27: Variación de nitritos en época húmeda por estación.

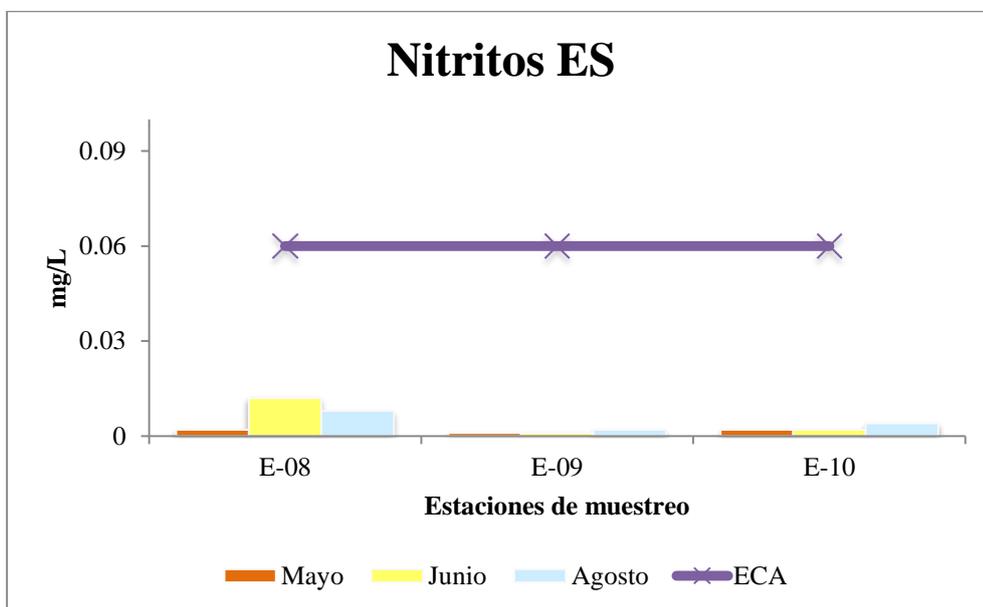


Figura 28: Variación de nitritos en época seca por estación.

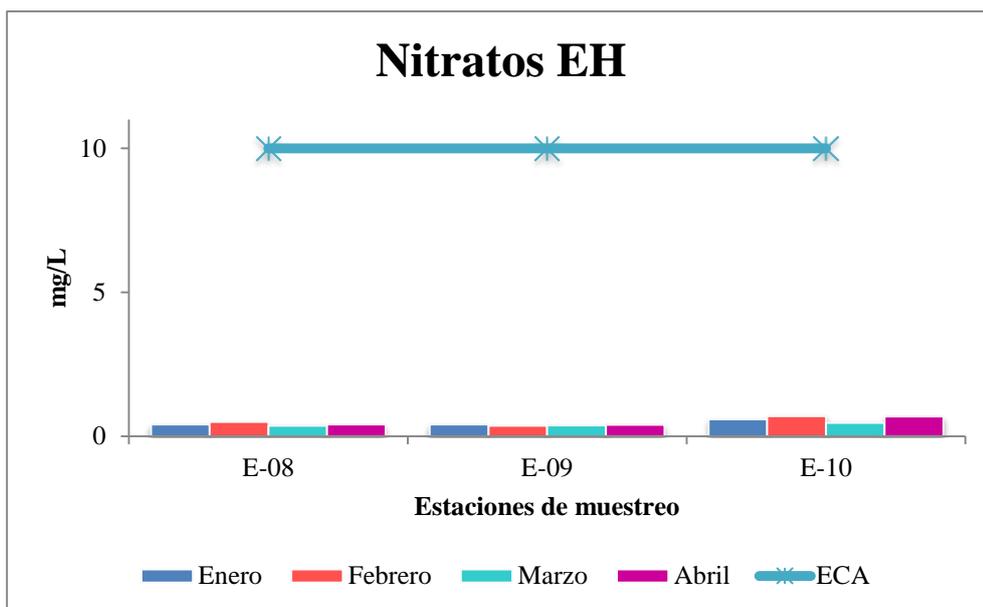


Figura 29: Variación de nitratos en época húmeda por estación.

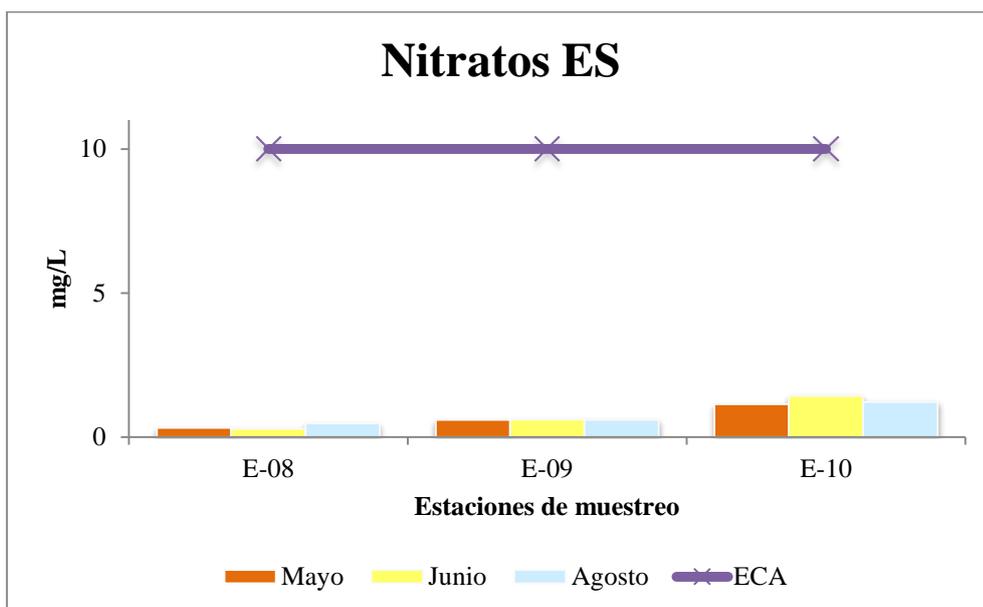


Figura 30: Variación de nitratos en época seca por estación.

Por otro lado, se observó que las concentraciones de nitritos y nitratos, tanto para época húmeda y seca no superan el valor que establece el ECA para Agua para cada parámetro (0,06 mg/L y 10 mg/L respectivamente) en la **estación E-08**.

Por otro lado en las **estaciones E-09 y E-10**, se observó que las concentraciones de nitritos y nitratos, tanto para época húmeda y seca no superan el

valor que establece el ECA para Agua para cada parámetro (0,06 mg/L y 10 mg/L respectivamente), mostrando valores similares entre sí, dentro de cada época, para cada parámetro, con un ligero aumento del parámetro nitrato en la **estación E-10**.

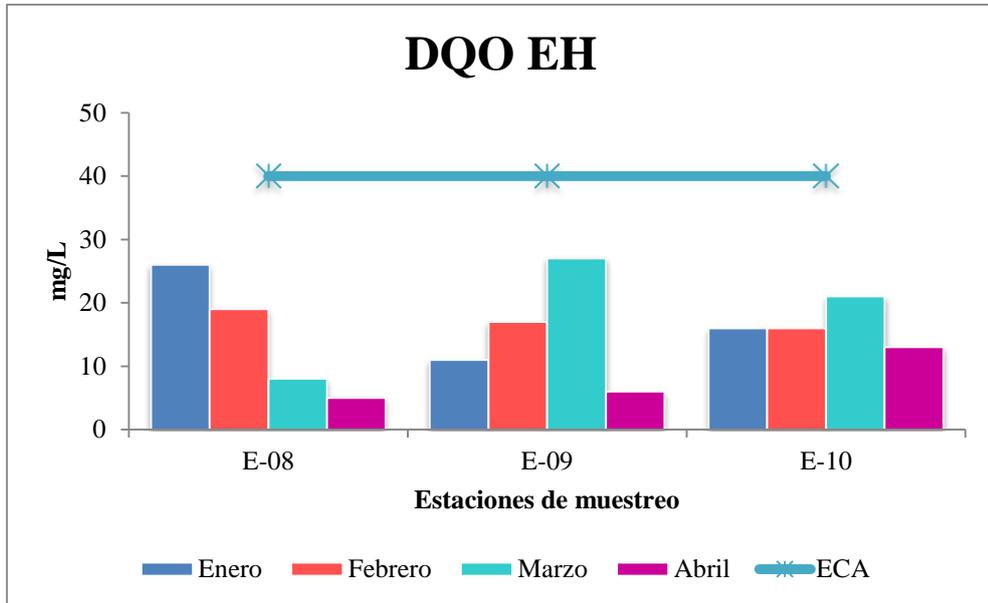


Figura 31: Variación de la demanda química de oxígeno en época húmeda por estación.

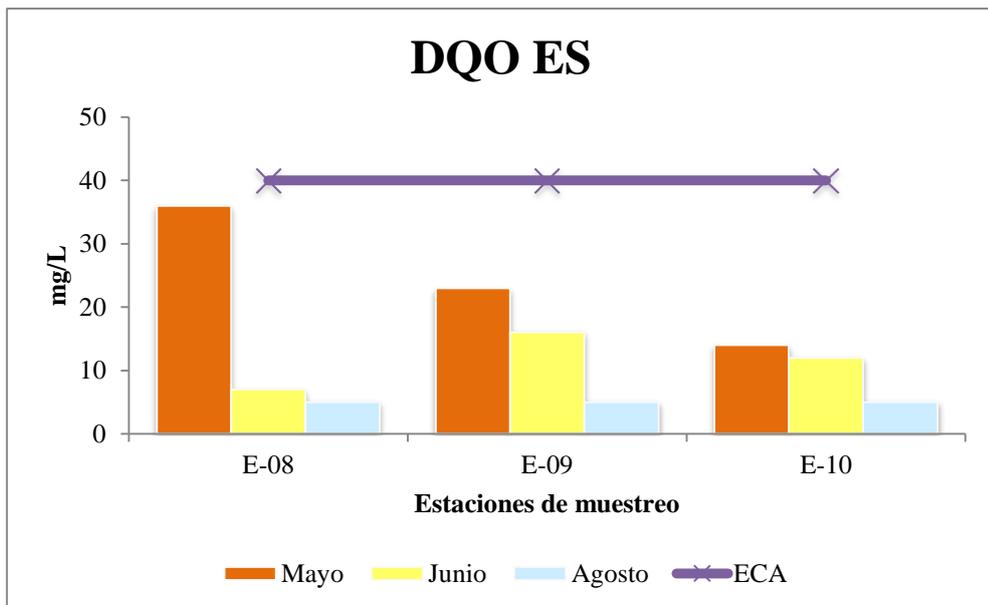


Figura 32: Variación de la de la demanda química de oxígeno en época seca por estación.

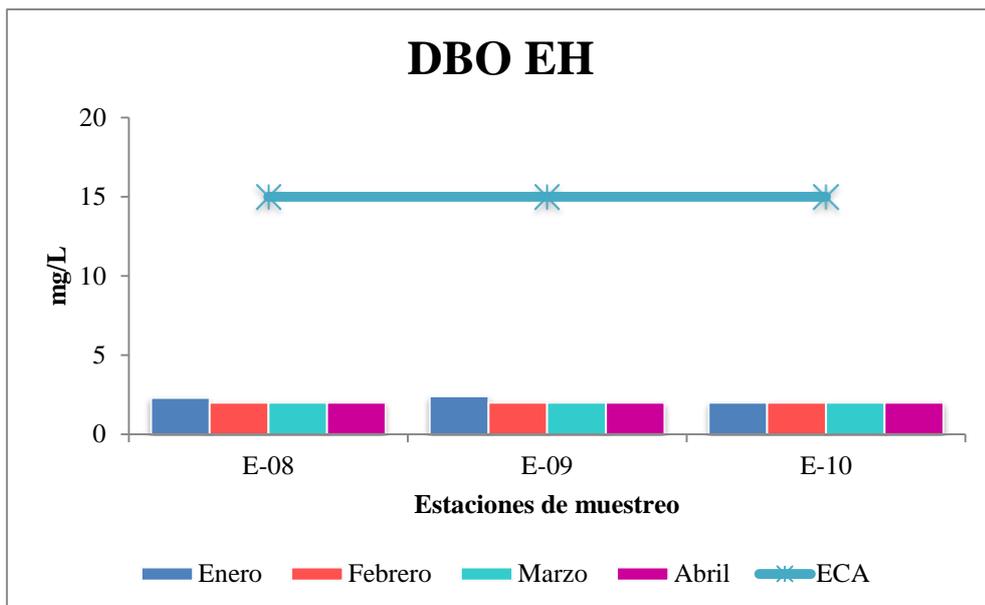


Figura 33: Variación de la de la demanda bioquímica de oxígeno en época húmeda por estación.

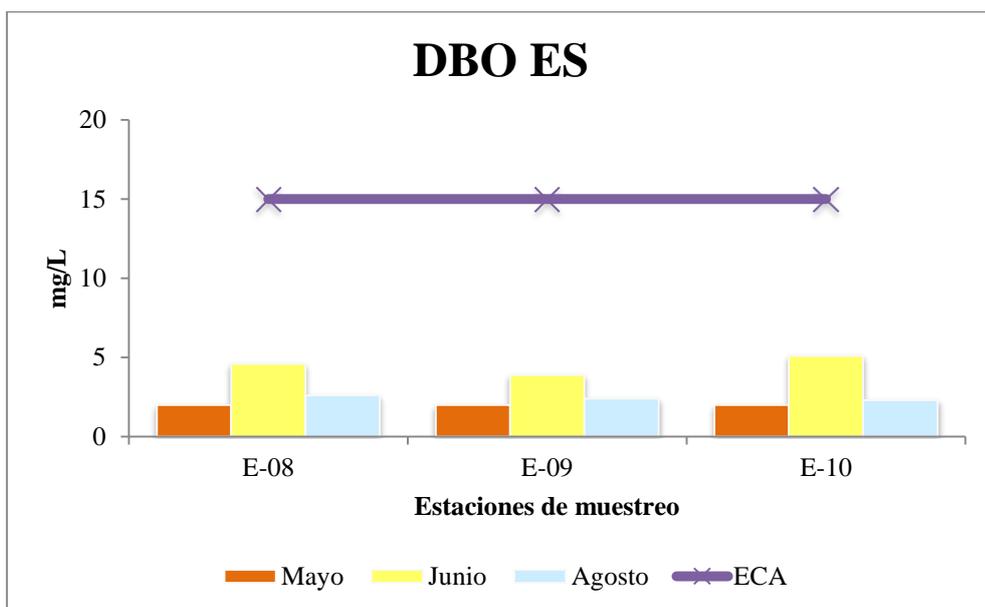


Figura 34: Variación de la de la demanda bioquímica de oxígeno en época seca por estación.

La demanda química y bioquímica de oxígeno, también presenta valores que no superan el ECA para Agua (40 mg/L y 15 mg/L respectivamente), tanto para época húmeda y seca, en las tres estaciones, manteniendo valores muy parecidos

entre los tres puntos. Sin embargo en la época húmeda los valores son constantes a lo largo del tiempo y en la época seca presenta un pico en el mes de junio.

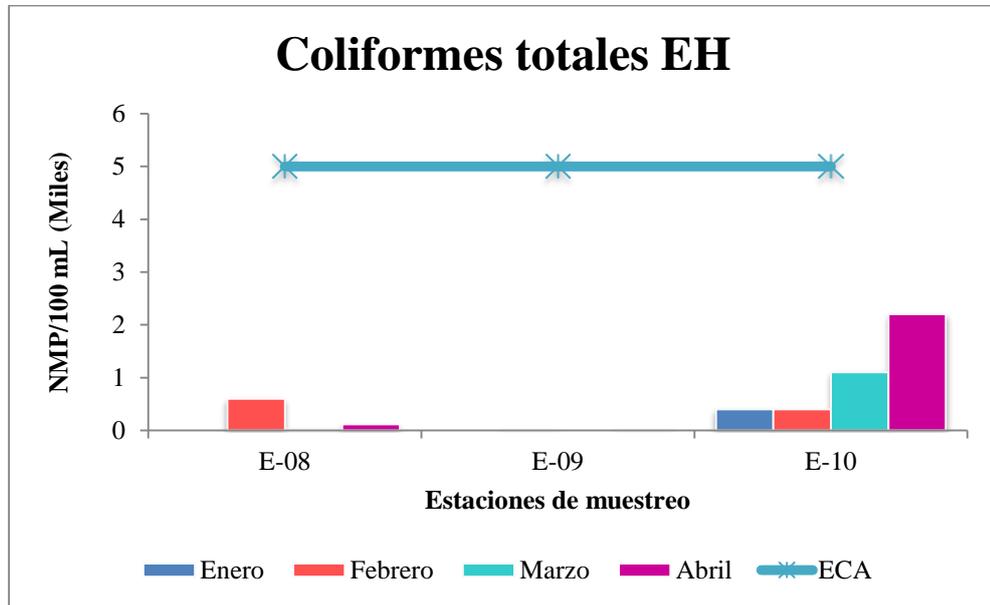


Figura 35: Variación de coliformes totales en época húmeda por estación.

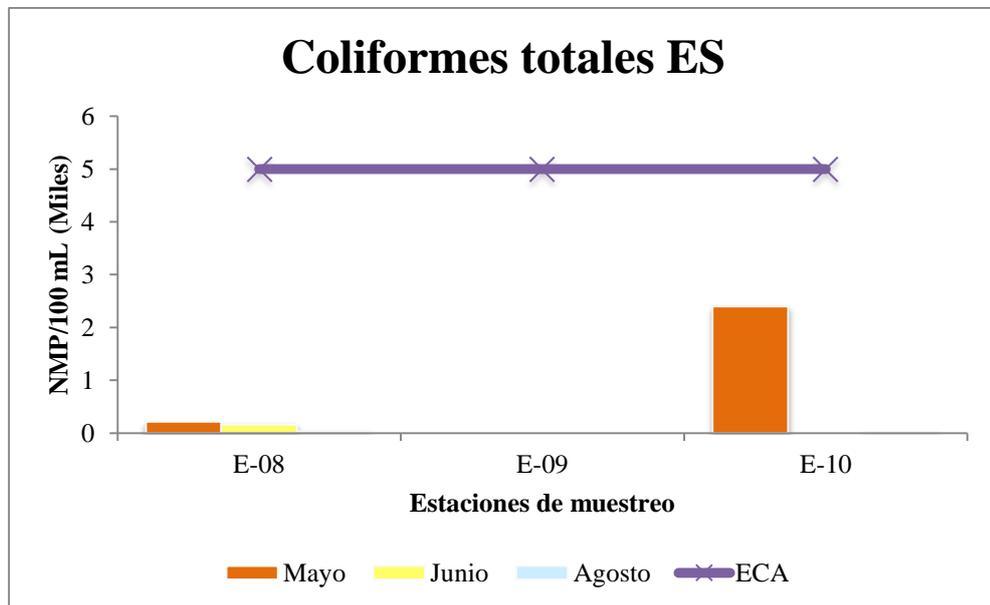


Figura 36: Variación de coliformes totales en época seca por estación.

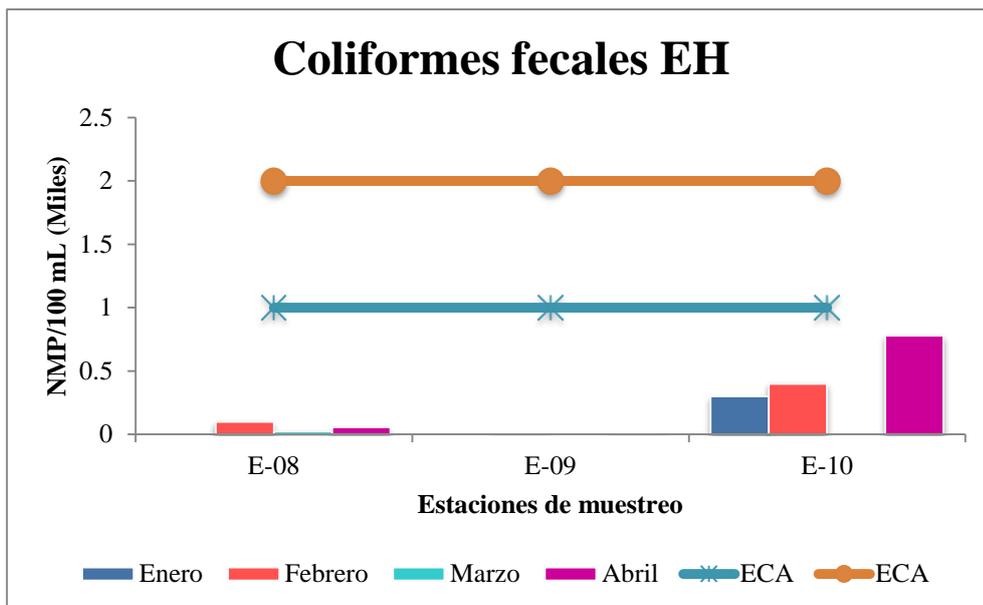


Figura 37: Variación de coliformes fecales en época húmeda por estación.

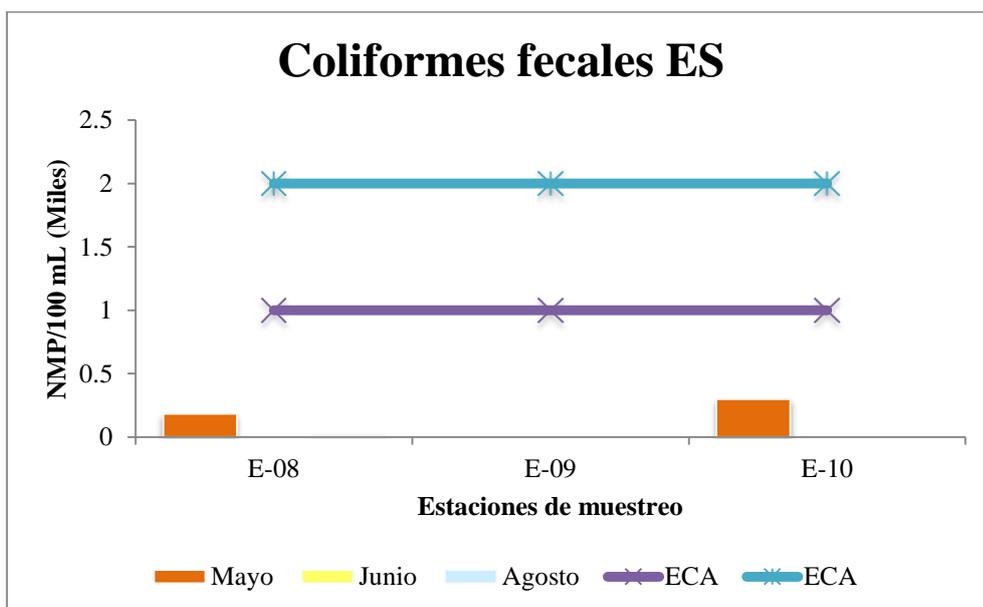


Figura 38: Variación de coliformes fecales en época seca por estación.

En cuanto a la concentración de coliformes totales y fecales (termotolerantes), se pudo observar que se dieron valores por debajo del valor máximo establecido por el ECA para Agua Categoría 3 Riego de Vegetales (5 000 y 2 000 NMP/100 mL respectivamente).

En cuanto a la concentración de coliformes totales y fecales (termotolerantes), se pudo observar que se dieron valores muy por debajo del valor máximo establecido en el ECA para Agua Categoría 3 Riego de Vegetales (5 000 y 2 000 NMP/100 mL respectivamente).

Por otro lado, la concentración de coliformes totales y fecales (termotolerantes), presentaron valores por debajo del valor máximo establecido en el ECA para Agua Categoría 3 Riego de Vegetales (5 000 y 2 000 NMP/100 mL respectivamente).

Como se encontró en la evaluación espacial con el uso de los índices de calidad de agua y evaluaciones temporales de la correlación de Pearson y ACP, las concentraciones de nitrato, nitrito, fosfato, coliformes termotolerantes y coliformes total se encuentran relacionadas entre sí. Además son relativamente mayores en la época seca que en la húmeda y sus valores aumentan conforme avanza el cauce del río, teniendo por ello valores mayores en la **estación E-10** que en las otras dos estaciones, debido a la materia orgánica de las descargas municipales de San Mateo, San Miguel de Viso y, en mayor medida, Matucana, ya que las descargas municipales de estas localidades vierten sus desagües sin ningún tratamiento al cauce del río concentrándose en la estación más baja de la red de monitoreo seleccionada.

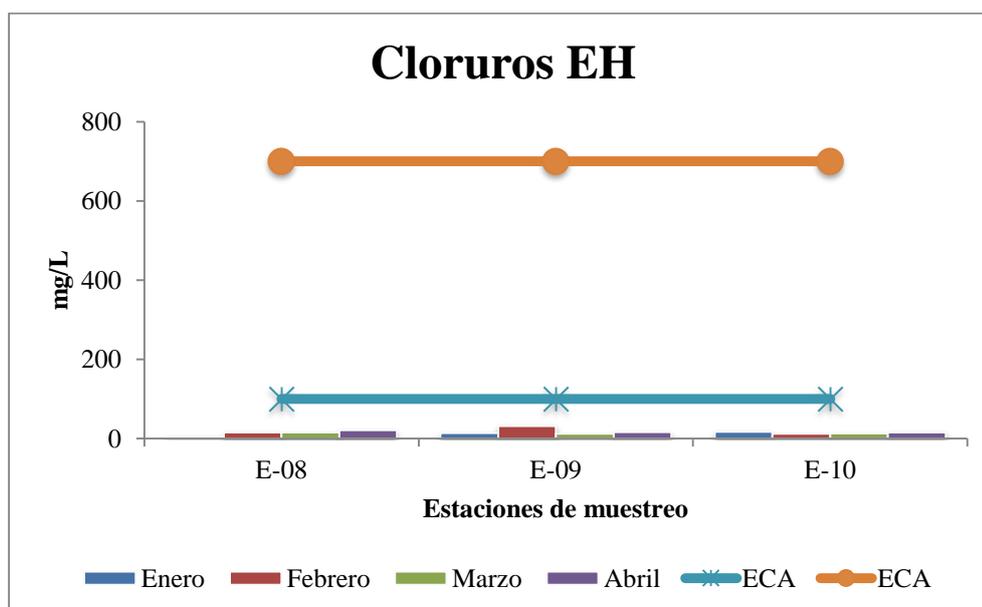


Figura 39: Variación de cloruros en época húmeda por estación.

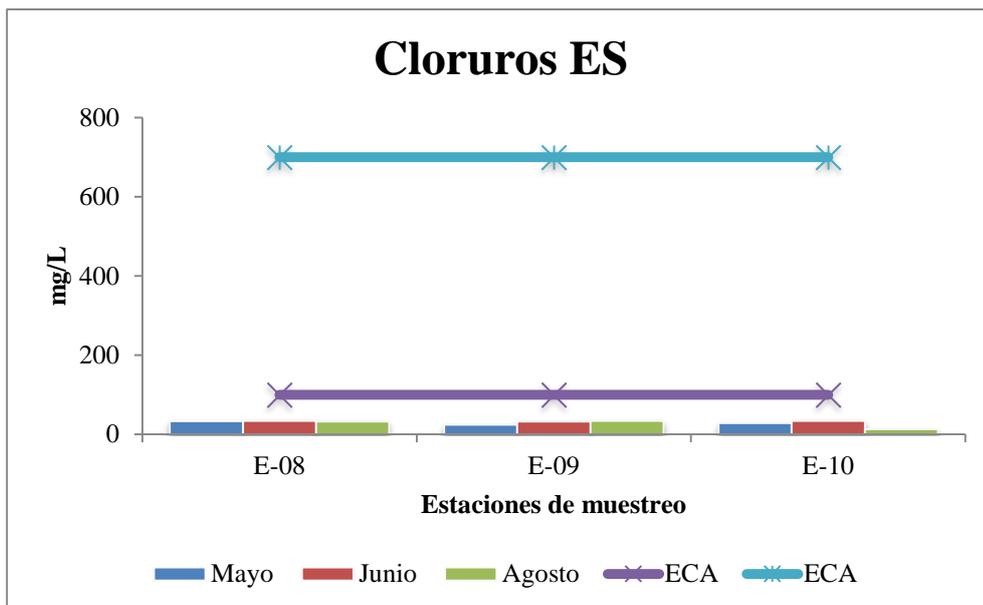


Figura 40: Variación de cloruros en época seca por estación.

La concentración de cloruros, de igual forma no supera en ninguna época el valor del ECA para Agua, donde la interpretación se indica que para plantas de tallo bajo, en las tres estaciones, es 100 mg/L y para tallo alto de 700 mg/L (según el MINAM). Sin embargo, se observa que en la época seca las concentraciones se incrementan con respecto a la época húmeda.

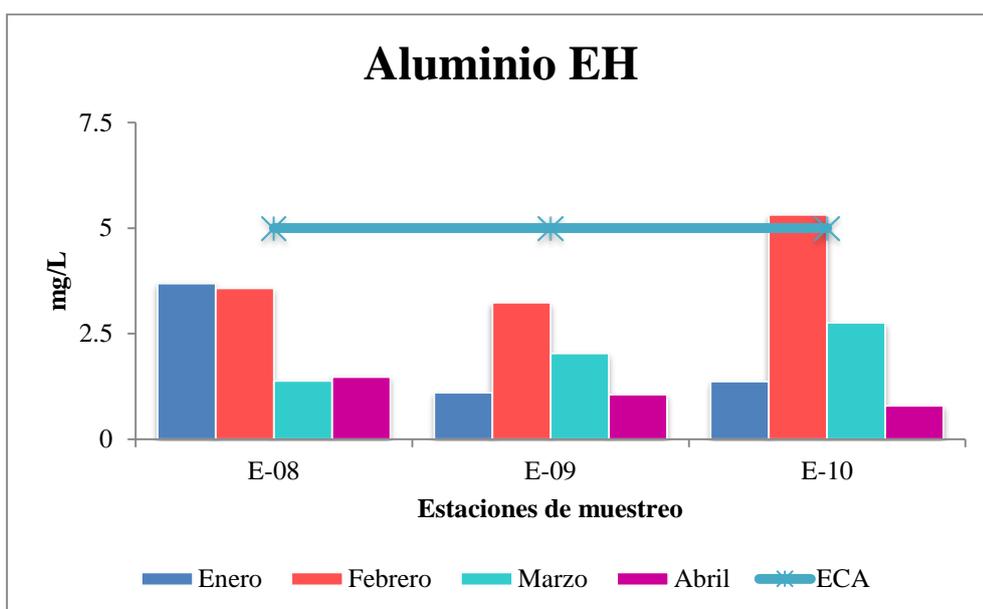


Figura 41: Variación de aluminio en época húmeda por estación.

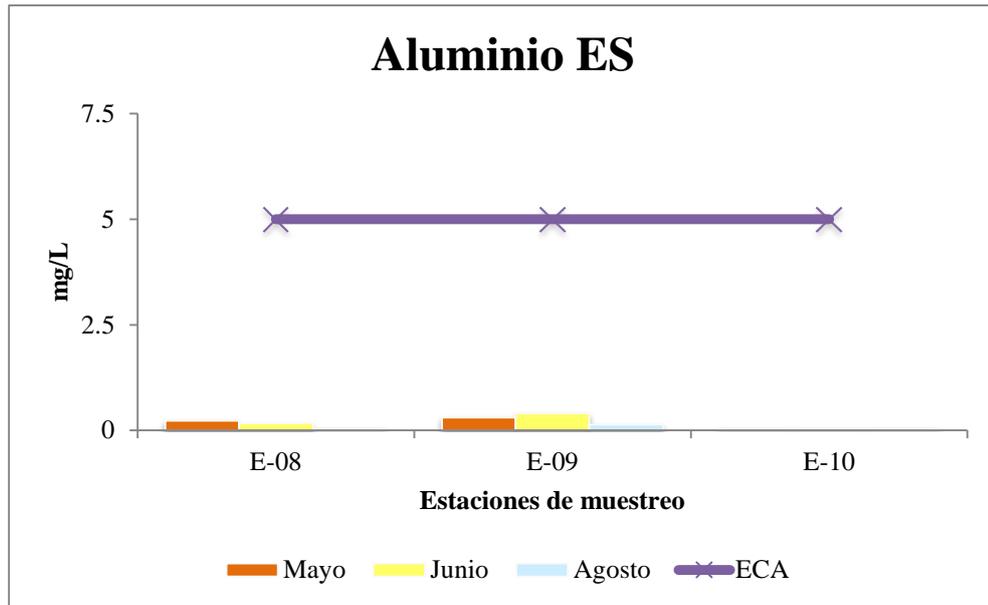


Figura 42: Variación de aluminio en época seca por estación.

La concentración de aluminio, presenta valores menores a 5 mg/L en ambas épocas, sin embargo se observa que en la época seca se presentan bajas concentraciones con respecto a la época húmeda en las **estaciones E-08 y E-09**.

En la **estación E-10** la concentración de aluminio, presenta valores que cumplen con lo establecido en el ECA para Agua (5 mg/L) en ambas épocas, con excepción del mes de febrero, que supera al valor del estándar con un valor de 5,311 mg/L. A su vez se observa que en la época seca las concentraciones bajan con respecto a la época húmeda.

El incremento de la concentración de aluminio durante la época húmeda puede deberse a la escorrentía producida por las precipitaciones, las misma que arrastran este elemento del suelo al cauce del río.

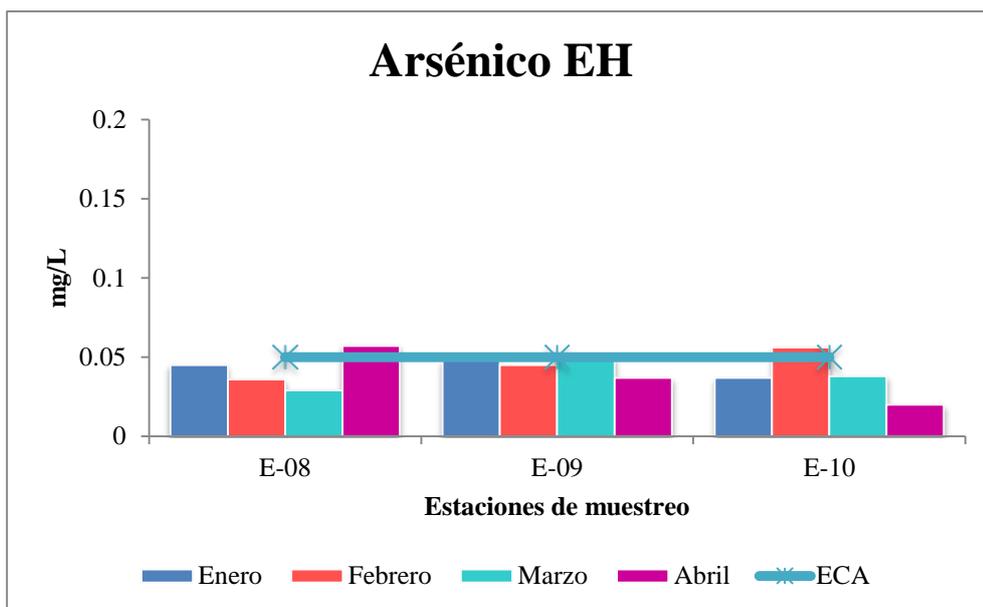


Figura 43: Variación de arsénico en época húmeda por estación.

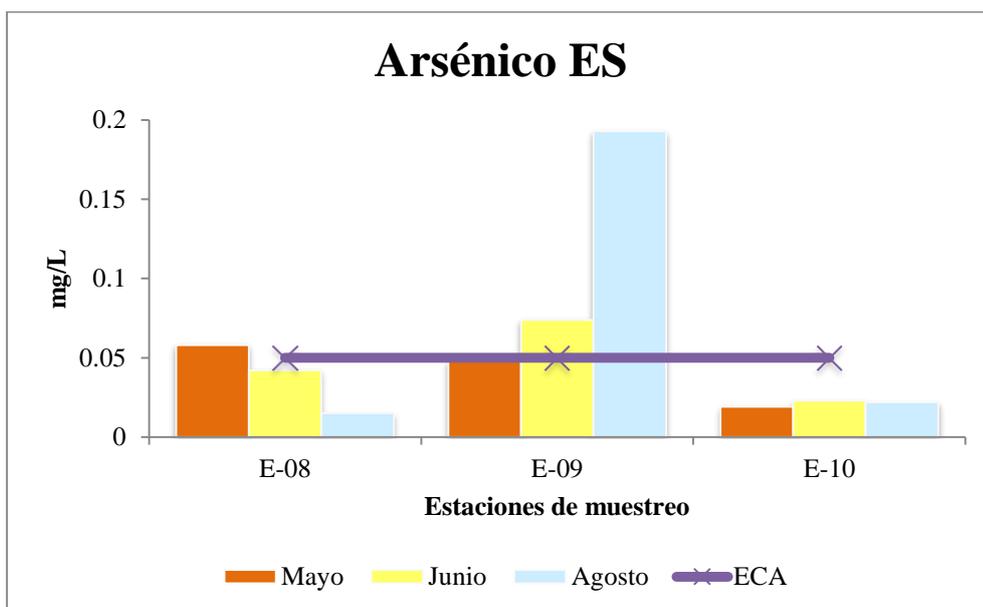


Figura 44: Variación de arsénico en época seca por estación.

En el caso de la concentración de arsénico se observa que en el cambio entre la época húmeda y seca ocurren valores de 0,057 mg/L y 0,058 mg/L (abril y mayo respectivamente) de la **estación E-08** que superan al valor establecido del ECA para Agua (0,05 mg/L).

En la **estación E-09** la concentración de arsénico en la época húmeda no supera al valor establecido del ECA para Agua (0,05 mg/L). Sin embargo, en la época seca ocurren valores de 0,074 mg/L y 0,193 mg/L (junio y agosto respectivamente) que superan el estándar.

En la **estación E-10** la concentración de arsénico tanto para la época húmeda y seca no supera al valor establecido del ECA para Agua (0,05 mg/L). Sin embargo, en el mes de febrero presenta una concentración de 0,056 mg/L que supera el estándar.

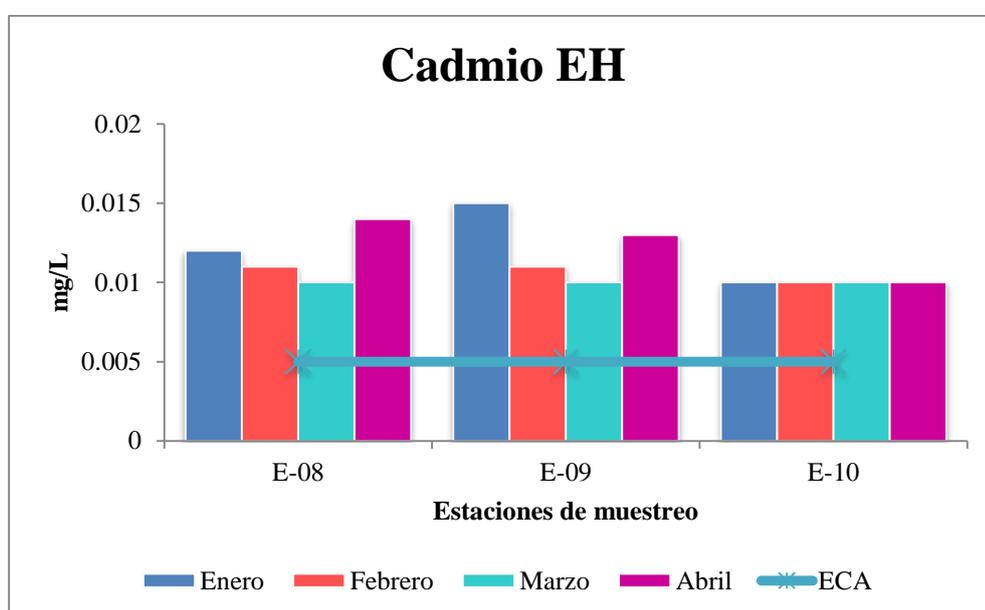


Figura 45: Variación de cadmio en época húmeda por estación.

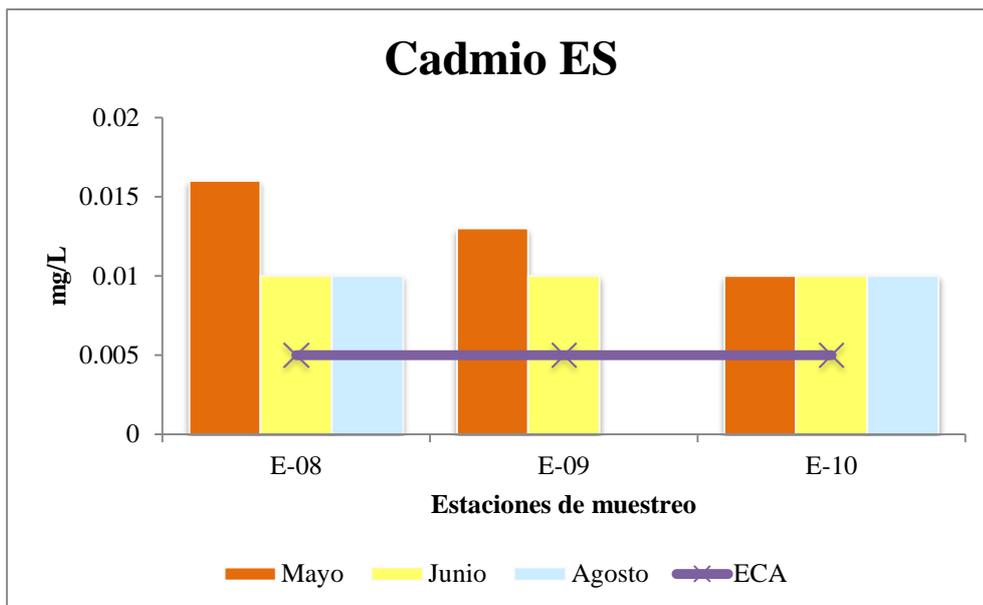


Figura 46: Variación de cadmio en época seca por estación.

Durante ambas épocas, en la tres estaciones, la concentración de cadmio muestra valores similares entre sí (cerca de 0,01 mg/L) que superan al valor establecido del ECA para Agua (0,005 mg/L).

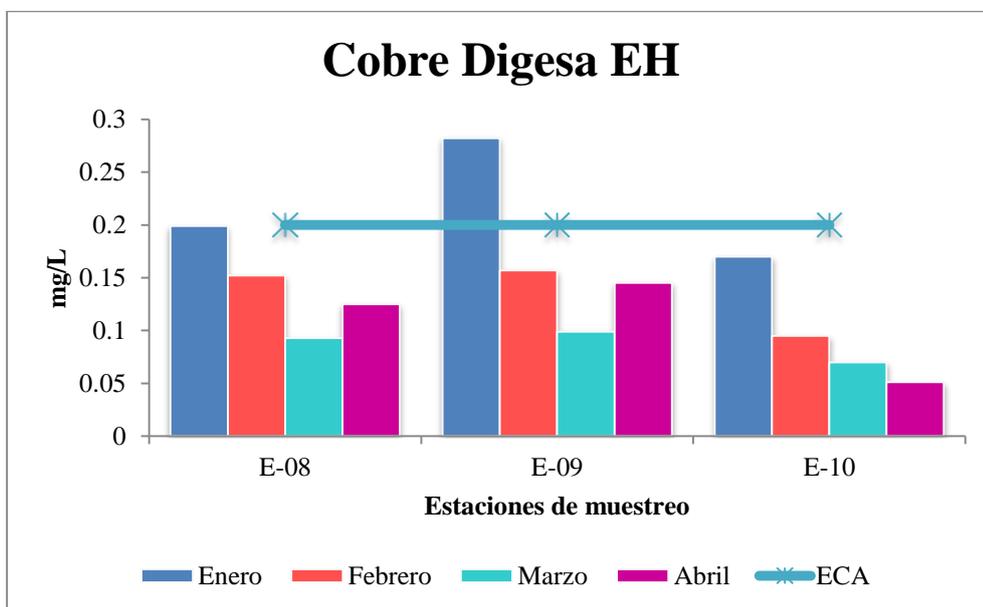


Figura 47: Variación de cobre evaluado por DIGESA en época húmeda por estación.

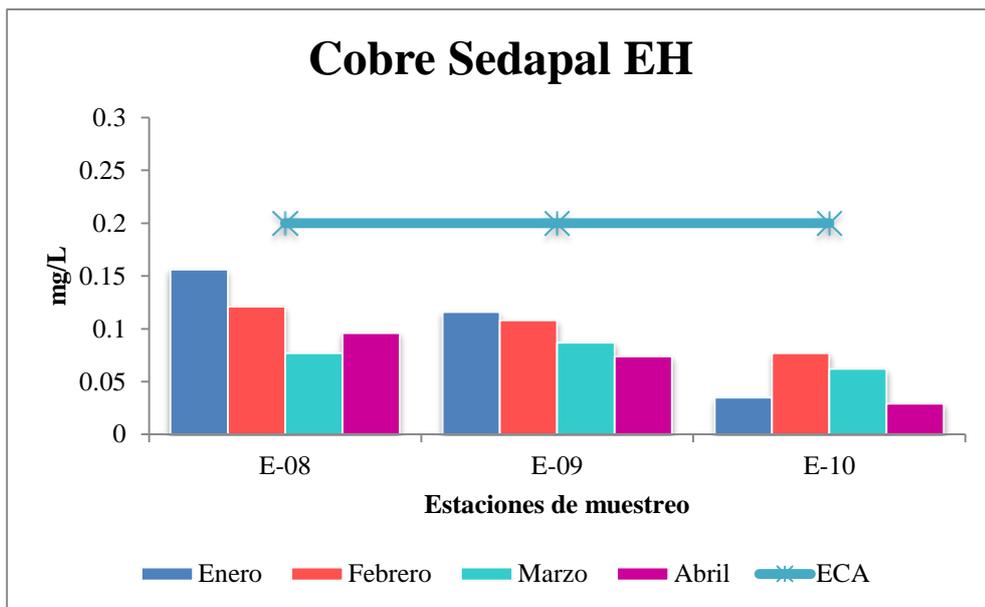


Figura 48: Variación de cobre evaluado por SEDAPAL en época húmeda por estación.

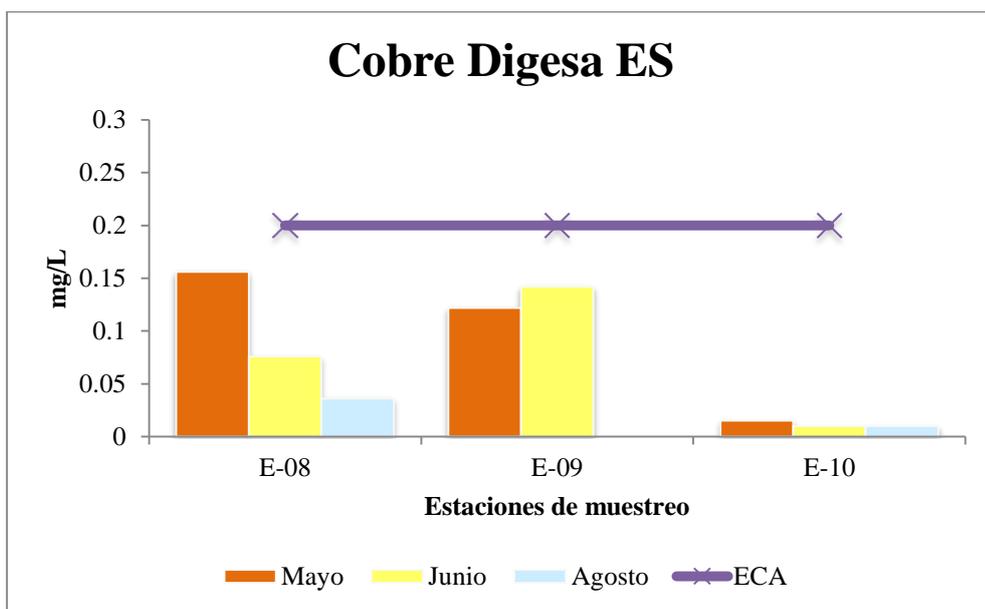


Figura 49: Variación de cobre evaluado por DIGESA en época seca por estación.

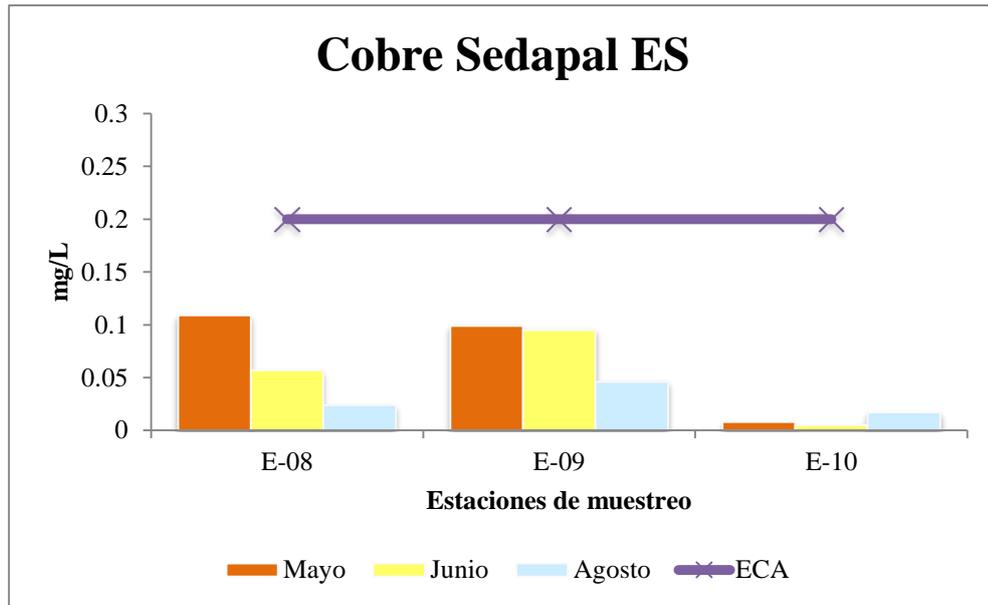


Figura 50: Variación de cobre evaluado por SEDAPAL en época seca por estación.

Con relación a la concentración de cobre en ambos ensayos (DIGESA y SEDAPAL) se observa que no superan el ECA para Agua (0,2 mg/L) y que muestran la misma tendencia a lo largo de la zona de estudio, los valores más altos están a inicios de año y van bajando conforme nos acercamos a la época de estiaje y muy parecidos entre estaciones de monitoreo.

Se observa además que en la **estación E-09** en el mes de enero para el análisis realizado por DIGESA el valor es de 0,282 mg/L superando el valor establecido en la normativa aplicada para este caso (0,2 mg/L).

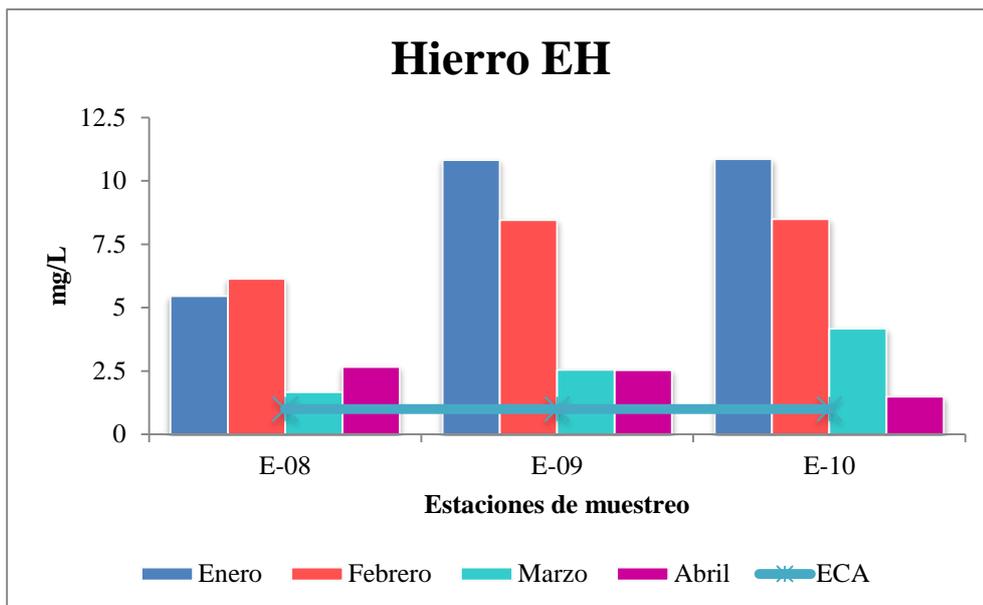


Figura 51: Variación de hierro en época húmeda por estación.

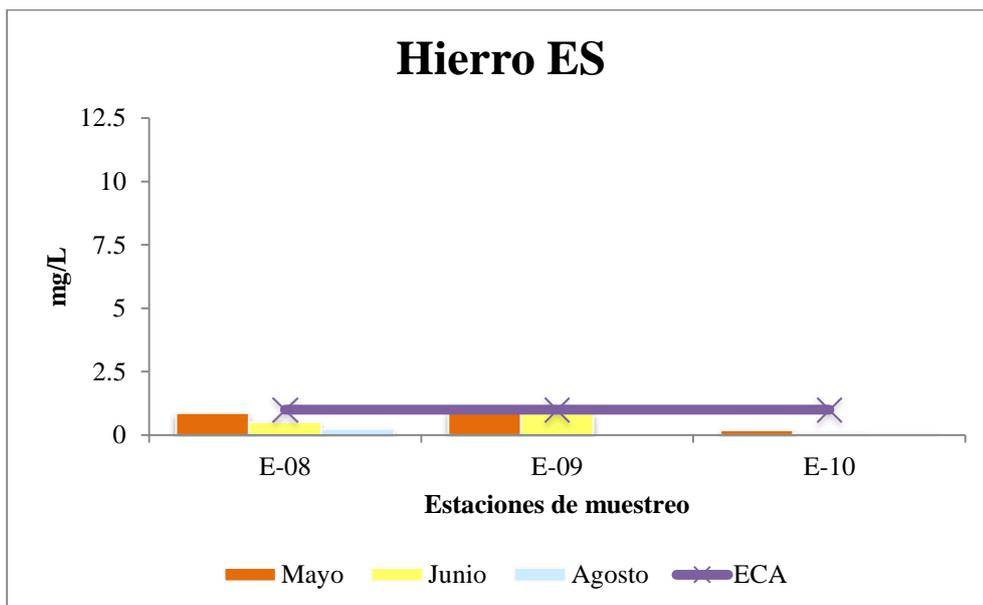


Figura 52: Variación de hierro en época seca por estación.

Las concentraciones de hierro superan al valor del ECA para Agua (1 mg/L) en la época húmeda, presentado en los primeros meses de lluvia altas concentraciones (entre 1,49 mg/L y 10,86 mg/L) con relación a los meses de la época seca que no superan el estándar.

Las concentraciones de hierro superan por una diferencia de hasta diez con el valor del ECA para Agua (1 mg/L) en la época húmeda, presentado en los primeros meses de lluvia altas concentraciones (6,14 mg/L, 10,82 mg/L, 10,86 mg/L en las **estaciones E-08, E-09 y E-10** respectivamente) con relación a los meses de la época seca se encontraron valores que no superaron el estándar (0,239 mg/L, 0,844 mg/L, 0,038 mg/L en las **estaciones E-08, E-09 y E-10** respectivamente).

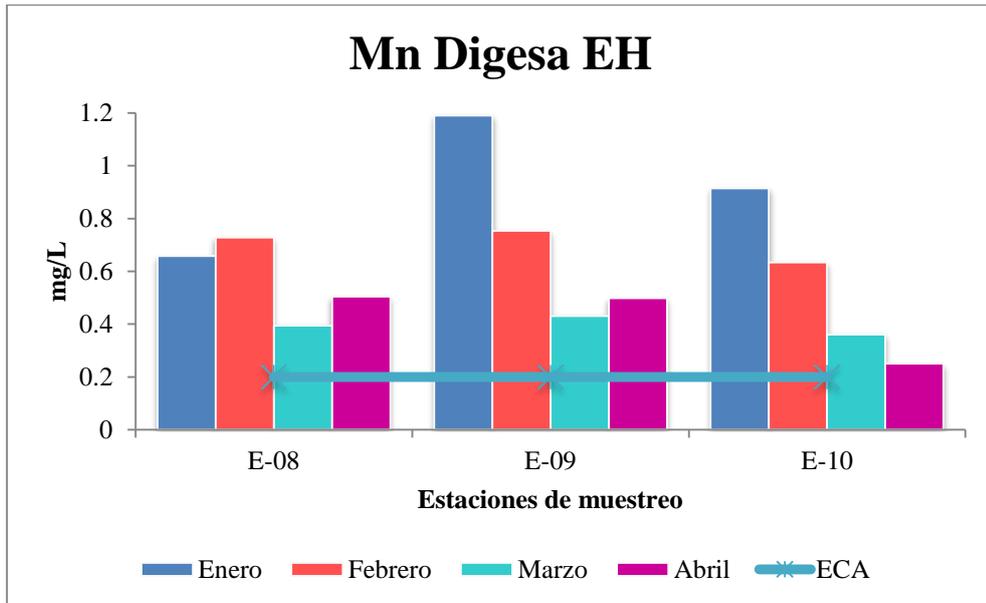


Figura 53: Variación de manganeso evaluado por DIGESA en época húmeda por estación.

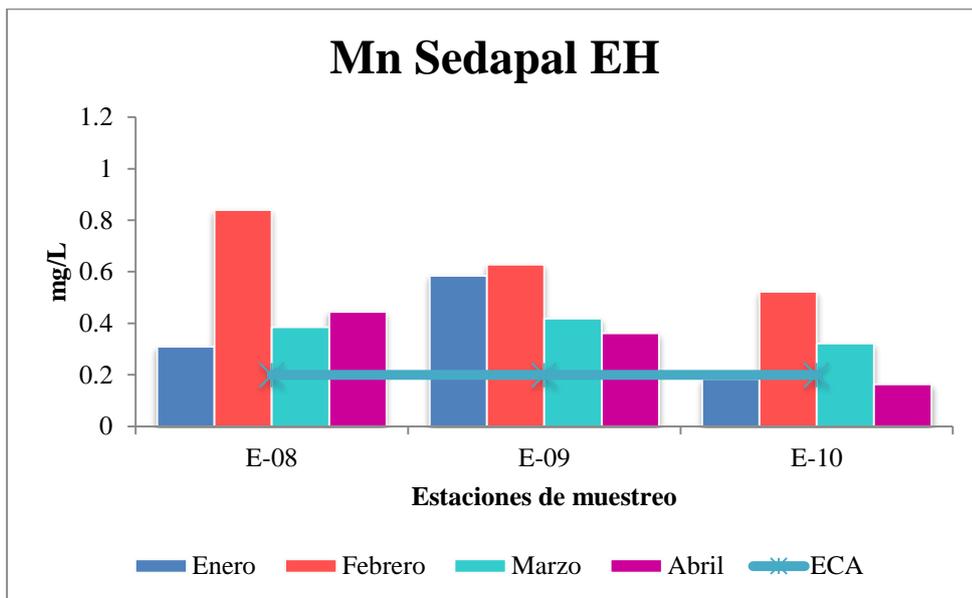


Figura 54: Variación de manganeso evaluado por SEDAPAL en época húmeda por estación.

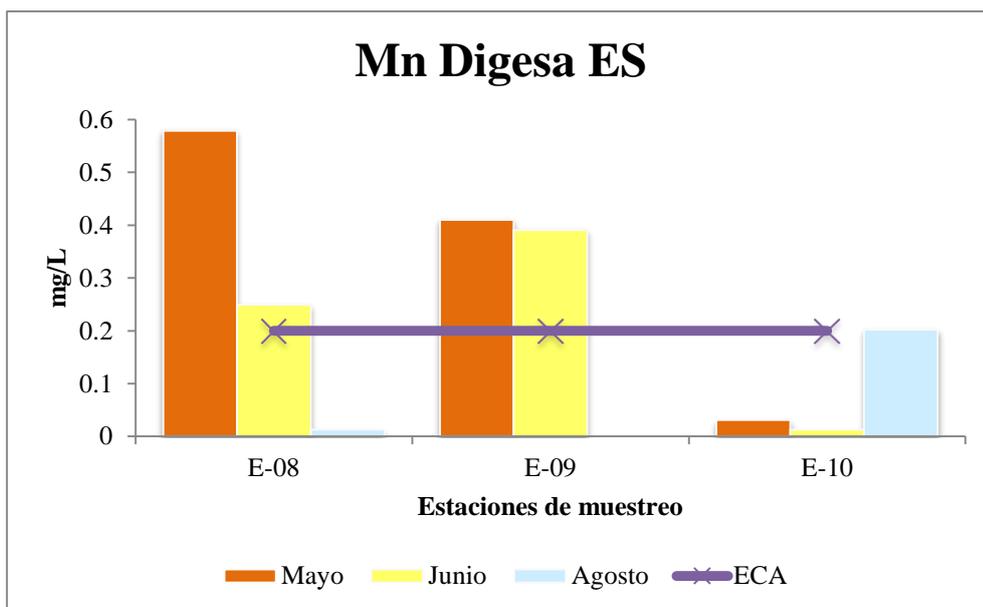


Figura 55: Variación de manganeso evaluado por DIGESA en época seca por estación.

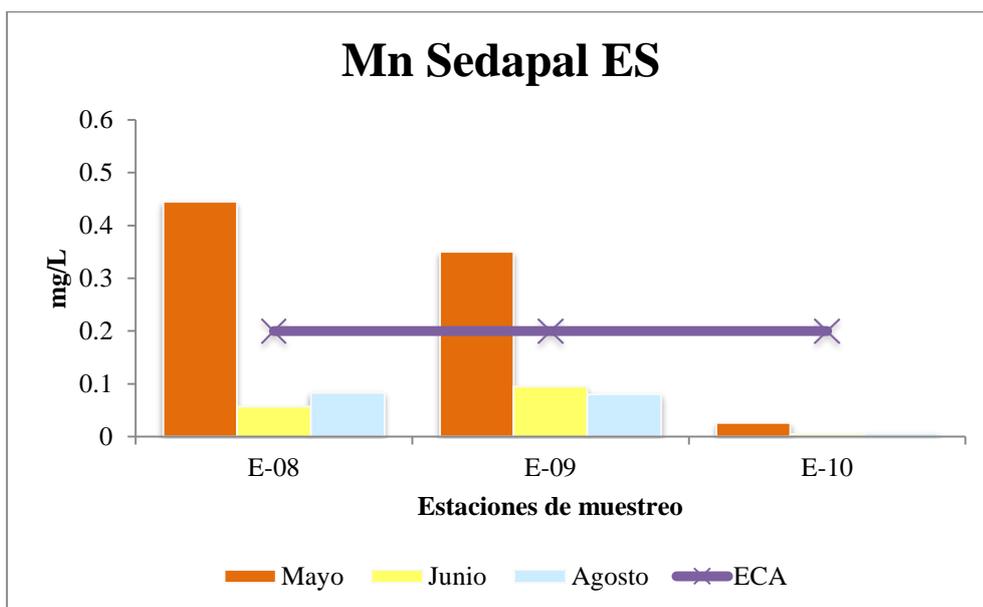


Figura 56: Variación de manganeso evaluado por SEDAPAL en época seca por estación.

En el caso de la concentración del manganeso, en la **estación E-08** superan en la época húmeda al valor del ECA para Agua (0,2 mg/L) con valores que van en promedio de 0,53 mg/L, en ambos ensayos (DIGESA y SEDAPAL). En la época seca, supera en los meses de mayo y junio con un valor en promedio de 0,42 mg/L.

Sin embargo se observa que la concentración tiende a disminuir para el mes de agosto.

En la **estación E-09**, superan en la época húmeda al valor del ECA para Agua (0,2 mg/L) con valores que van en promedio de 0,61 mg/L, en ambos ensayos (DIGESA y SEDAPAL). En la época seca, supera en los meses de mayo y junio con un valor en promedio de 0,38 mg/L. Sin embargo se observa que la concentración tiende a disminuir para el mes de agosto.

Y en la **estación E-10** para el ensayo realizado por DIGESA, se observó que superan en la época húmeda y en el mes de agosto al valor del ECA para Agua (0,2 mg/L). En el ensayo realizado por SEDAPAL, en los meses de febrero y marzo, se supera el estándar. En la época seca, los registros no superan el estándar.

Como ya se dijo se observa la misma tendencia en las concentraciones del manganeso, en la época seca, con valores decrecientes conforme se avanza desde la **estación E-08 a la E-10** y en la época húmeda la tendencia nos indica que hay un incremento de la concentración de este mineral en la **estación E-09**.

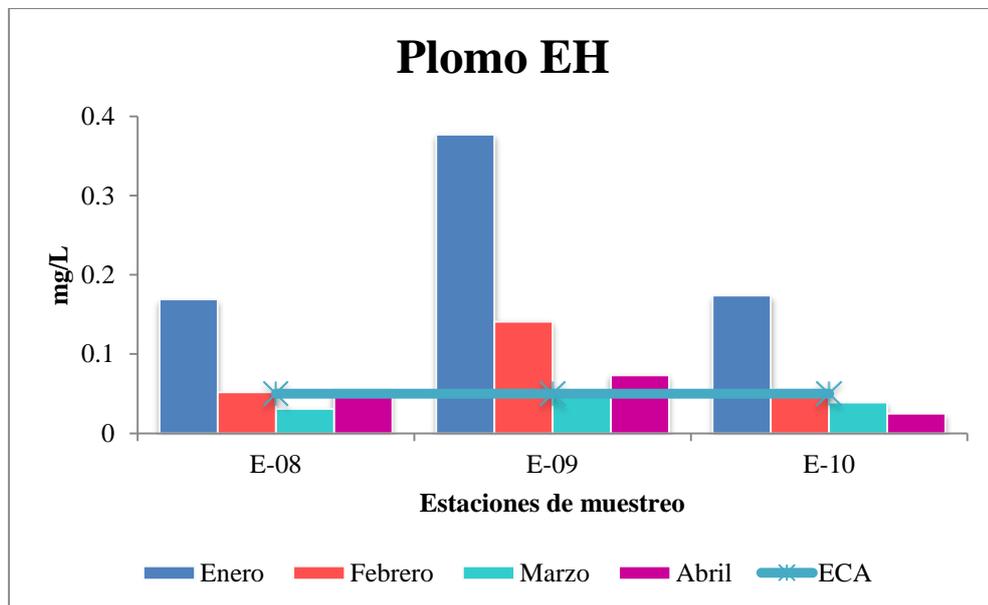


Figura 57: Variación de plomo en época húmeda por estación.

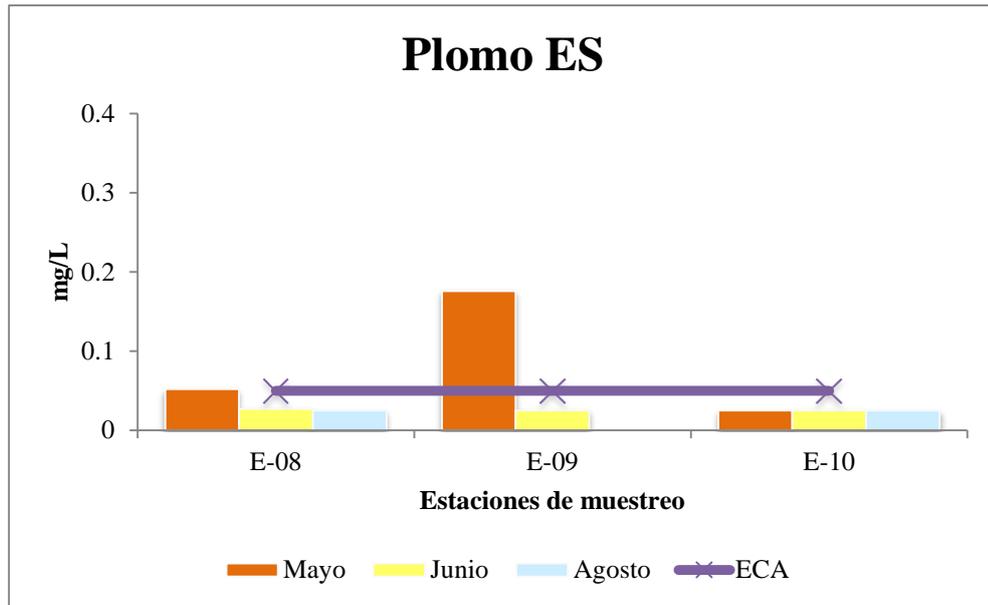


Figura 58: Variación de plomo en época seca por estación.

La concentración de plomo muestra variabilidad a lo largo del período de evaluación, en la **estación E-08**, teniendo que en los meses de enero, febrero, abril y mayo superan el estándar con un valor promedio de 0,08 mg/L. En los otros meses, se muestran valores por debajo del ECA para Agua (0,05 mg/L).

De igual manera para la **estación E-09** superan el estándar con un valor promedio de 0,19 mg/L, el mes de marzo iguala al valor del estándar. En el mes de junio, se registra un valor que no supera el ECA para Agua (0,05 mg/L).

La concentración de plomo en la **estación E-10** muestra que en los meses de enero y febrero superan al valor del estándar con un valor de 0,174 mg/L y 0,056mg/L respectivamente. Desde el mes de marzo a agosto se registran valores que no superan el ECA para Agua (0,05 mg/L).

En general la concentración del plomo es menor en estiaje que en época húmeda, notándose una disminución de la concentración conforme nos acercamos a los meses de estiaje y son relativamente mayores siempre en la **estación E-09**.

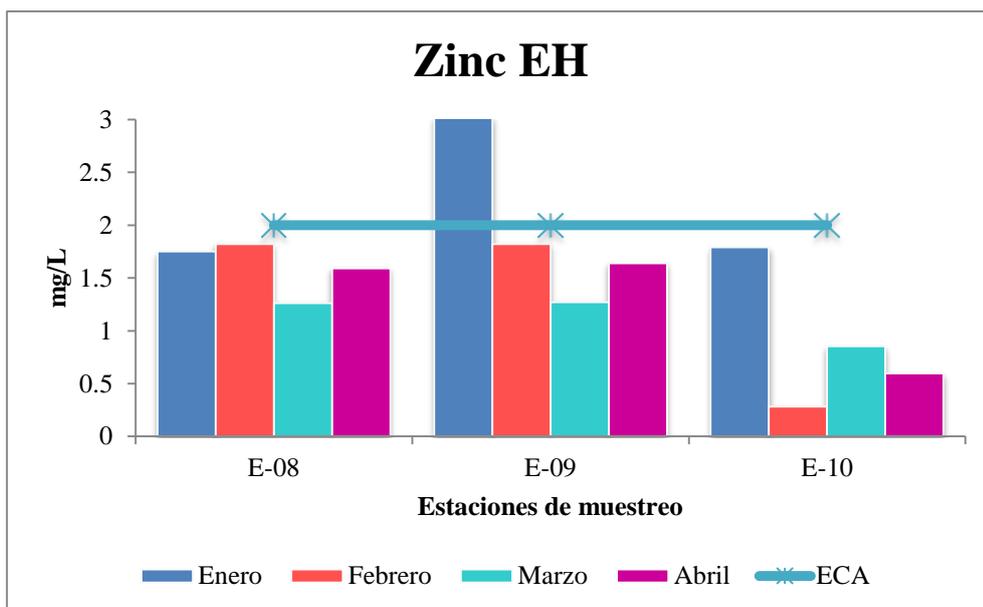


Figura 59: Variación de zinc en época húmeda por estación.

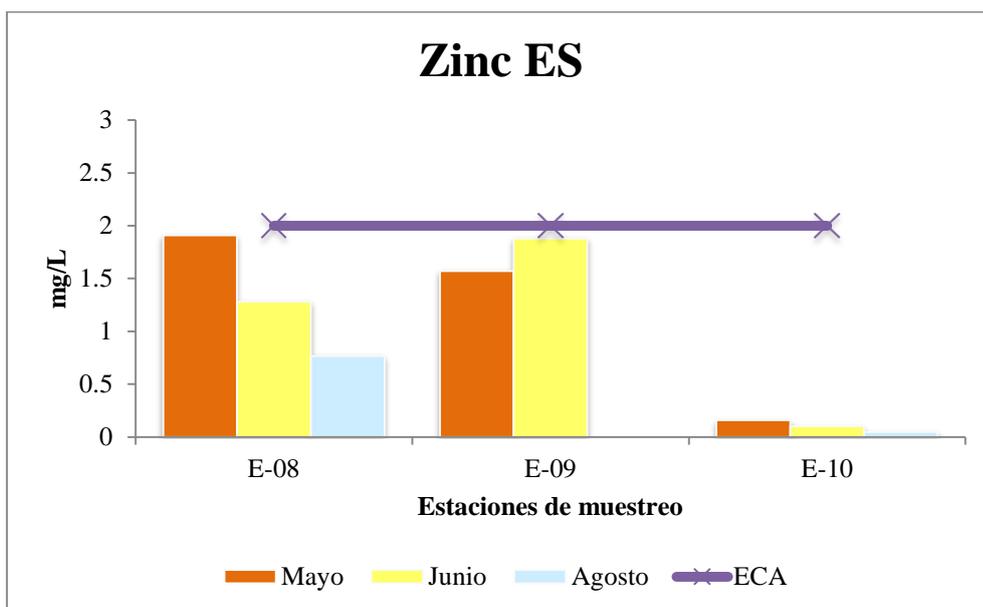


Figura 60: Variación de zinc en época seca por estación.

Las concentraciones de zinc, en la **estación E-08** muestran valores entre 1,26 y 1,82 mg/L en la época húmeda y de 0,767 a 1,91 mg/L en la época seca, en ambos casos se encuentran cumpliendo con lo establecido en el ECA para Agua (2 mg/L). En la **estación E-09** se encuentran cumpliendo con lo establecido en el ECA para Agua (2 mg/L) para ambas épocas, con excepción del mes de enero que presenta un

valor de 3,02 mg/L, el cual supera el estándar. Y en la **estación E-10** las concentraciones de zinc muestran valores que se encuentran cumpliendo con lo establecido en el ECA para Agua (2 mg/L) para ambas épocas, observándose que las bajas concentraciones se dan en la época seca. Así en la **estación E-10** se observan valores relativamente más bajos a las otras dos estaciones aguas arriba.

Como se encontró en la evaluación espacial con el uso de los índices de calidad de agua y evaluaciones temporales de la correlación de Pearson y ACP. En ambas épocas en las tres estaciones el plomo, los sólidos totales, la turbidez, hierro, manganeso, zinc, e incluso el cobre se encuentran alta y positivamente correlacionados describiendo un comportamiento asociado esto probablemente a que son efluentes de las minas apostadas en la parte alta, que explotan plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio. Por lo que los efluentes provenientes de sus plantas concentradoras y las aguas de mina son ricos en estos minerales y por ello los sólidos totales deben estar en mayor proporción conformados por los metales pesados antes mencionados. Además, su procedencia tendría un origen natural por el suelo, evidenciado en el aumento de sus concentraciones durante la época húmeda y una considerable disminución de las mismas en el periodo de estiaje.

Del mismo modo los arrastres ocasionales, durante la época húmeda, de un depósito de relaves de minerales al borde del río, con taludes empinados e inestables, cubierto por geomembranas, a unos kilómetros aguas abajo de la **estación E-08** provocarían las concentraciones elevadas de los minerales (plomo, cadmio, arsénico) en la **estación E-09**.

V. CONCLUSIONES

1. Los índices de calidad de agua son una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que caracterizan la calidad del agua dependiendo su uso y pueden ser más fácilmente interpretados.
2. Para el WQI NSF las condiciones más favorables de calidad de agua (buena) aparecen en las **estaciones E-08 y E-09**, por lo que en la **estación E-10** las condiciones de calidad son medias a buenas, esto se debe a que los parámetros coliformes termotolerantes, fosfato y nitrato registrados en esta estación son los más altos y el DBO a su vez es bajo.
3. Para el CCME WQI en los puntos de monitoreo de las tres estaciones, en la época húmeda, se encuentra una calidad aceptable y en la época seca, se encuentra una calidad buena para las **estaciones E-08 y E-09**, para la **estación E-10** se observa que se encuentra una calidad excelente por presentar valores que no superan a los ECA para agua de Categoría 3 y por las concentraciones considerables de nitrato, fosfato y coliformes termotolerantes provenientes de materia orgánica de las descargas municipales de Matucana, las cuales son mayores a las otras estaciones, constatado además por un aumento en la DBO de esta estación.
4. Para calificar el agua en función a su aptitud de riego de las aguas del río Rímac nos basaremos en el índice CCME WQI que califica el agua de esta zona durante la época húmeda como aceptable y en la época húmeda de buena y excelente en la estación más baja (**estación E-10**) dado que este trabaja y compara los parámetros y los estándares requeridos para la actividad agrícola designados en la normativa vigente considerados en el ECA para agua Categoría 3 (aguas para riego).
5. El índice de calidad WQI NSF, es muy riguroso en cuanto a su calificación debido a que los parámetros que evalúa son: porcentaje de saturación de OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, temperatura, fosfatos, nitratos,

turbidez y sólidos totales disueltos, parámetros que se usan en aguas para potabilización.

6. Una de las principales limitaciones del índice WQI NSF es que ha sido desarrollado como una herramienta para caracterizar en forma general la calidad de las aguas, de tal forma que procesos físicos, químicos y biológicos que indican alta degradación de las aguas pueden ser enmascarados por otros que no sugieren contaminación alguna (o mínima).
7. En ambas épocas en las tres estaciones el plomo, cadmio, arsénico, sólidos totales, turbidez, hierro, manganeso, zinc, e incluso el cobre se encuentran alta y positivamente correlacionados esto debido a que probablemente provienen de dos fuente comunes. La primera de origen antropogénica de la actividad minera y la segunda sólo para el caso del hierro, cobre, zinc, manganeso de la constitución natural del suelo.
8. El fosfato, nitrato, coliformes totales y termotolerantes que se encuentran en el agua del río pueden tener su origen en las descargas municipales de San Mateo, San Miguel de Viso y Matucana.
9. La conductividad eléctrica tiene también correlación positiva con sólidos disueltos totales y solidos totales, mostrando correlaciones más estrechas en los meses de estiaje que en las épocas de mayor precipitación. Ya que los metales como Calcio, magnesio, sodio y potasio, que se encuentran en mayor proporción en la época húmeda que en la seca y conducen mejor la conductividad que el hierro, aluminio, plomo, cadmio.
10. El pH y la conductividad eléctrica observadas tiene también correlación positiva siendo mayor durante la época húmeda, por efecto de las precipitaciones de esta época pues la esorrentía causada por la lluvias arrastran consigo las sales del suelo como el magnesio, calcio, sodio y potasio que son las que conducen mejor la electricidad, llegando al río.
11. Las correlaciones o asociaciones están influenciadas principalmente por el caudal del río el cual es mayor en la época húmeda por lo que la turbidez aumenta durante este período junto con los minerales que son arrastrados por las aguas de mina, que en esta época también se incrementan.

12. Las características del río (caudal controlado en esta zona), el aporte de efluentes mineros y municipales representan el mayor impacto de la calidad de las aguas superficiales de esta zona en la época de estiaje.

VI. RECOMENDACIONES

1. La actividad agrícola cada vez más intensiva y exigente en cuanto a la calidad e inocuidad de las cosechas exige que el agua que se usa para riego se encuentre también en condiciones adecuadas para maximizar la productividad y asegurar como ya se dijo la salubridad del producto cosechado durante su consumo.
2. Se recomienda que se realicen evaluaciones de la calidad del agua para actividades de riego en virtud de la composición iónica de la fuente, propiedades del suelo, tolerancia de cultivos a diferentes concentraciones de sales, clima, prácticas agronómicas y de riego, entre otros. En tal sentido las autoridades entendidas en el tema deben considerar el monitoreo y la evaluación de la calidad de las fuentes hídricas de forma permanente asegurando el adecuado uso del recurso.
3. Se debe incluir en la evaluación de instrumentos de gestión ambiental herramientas que sustenten la interpretación de la calidad de las aguas de cuerpos naturales dentro de sus líneas bases y monitoreos futuros como compromisos ambientales según el sector correspondiente.
4. Se recomienda realizar un estudio espacio temporal de la calidad de agua del Río Rímac más amplio en cuanto a área y tiempo, es decir que abarque todas las estaciones de monitoreo y el registro de los tres años de monitoreo de la red planteada por el estudio de monitoreo de la DIGESA y SEDAPAL a lo largo del río. Usando el método de determinación de la calidad de agua del CONSEJO CANADIENSE DE MINISTROS DEL MEDIO AMBIENTE CCMMA.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alberta Environment. 1995. Alberta River Water Quality Index (en línea). Disponible en <http://environment.alberta.ca/1777.html#Methodology>. Consultado 12 jul 2013.
2. Amon, J. 2010. Coeficiente de correlación de Pearson (en línea). Disponible en <http://kovachi.sel.inf.uc3m.es/@api/deki/files/141/=correlacion.pdf>. Consultado 09 may 2013.
3. ANA (Autoridad Nacional del Agua)-DCPRH (Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos). 2010. Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac. Volumen I. Lima.
4. Ball, R; Church, R. 1980 Water Quality Indexing and Scoring. Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers Vol. 106 (4): 757-771.
5. Bengraine, K; Marhaba, T.F. 2003. Using Principal Component Analysis to Monitor Spatial and Temporal Changes in Water Quality. Journal of Hazardous Materials, Vol. 100 issue 1-3.
6. Brooks, K. N., P. F. Folliott, H. M. Gregersen, and J. L. Thames. 1992. Hidrology and the management of watersheds. Iowa State University Press/ Ames. Second Printing.
7. Castañé P. M., Loez C. R., Olguín F., Puig A., Rovedatti M. G., Topalián M. L. y Salibián A. 1998. Caracterización y variación espacial de parámetros físicoquímicos y del plancton en un río urbano contaminado (río Reconquista, Argentina). Rev. Int. Contam. Ambie. 14, 69-77.
8. CCME (Canadian Council of Ministers of Environment). 2001. Water Quality Index 1.0 Technical Report.
9. CCME (Canadian Council of Ministers of Environment). 2005. Canadian Water Quality guideline for the protection of Agricultural Water Uses.
10. CGR (Contraloría General de la República). 2007. Informe de Gestión N° 049-2007- CG/MAC. Lima Perú.

11. Córdova A. 2010 Priorización de áreas para recuperar la función hidrológica de la subcuenca Tábula- Picachos, Guanajuato. Tesis Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro – México.
12. Chanlett, E.T. 1973. Environmental Protection. McGraw-Hill. 2a. ed. s.n.t.
13. Chapman D. 1996. Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 2a. ed. S.n.t.
14. Díaz, L. 2010. Estudio comparativo de Índices de Calidad del Agua mediante la aplicación y evaluación de un modelo armonizado en Latinoamérica, Caso de Estudio Río Loa. Tesis de Magister en Ciencias M/Química. Chile. Universidad Católica Del Norte.
15. DIGESA (Dirección General de Salud) y SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima S.A.). 2011. Evaluación de muestras de agua del Río Rímac y Principales Afluentes con datos de DIGESA Y SEDAPAL. Vigilancia y Monitoreo de los Recursos Hídricos.
16. D.S. N° 002-2008-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
17. Fernández, N; Solano, F. 2005. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Colombia. Universidad de Pamplona.
18. FAO (Food and Agriculture Organization). 1994. Water Quality for Agriculture (en línea) www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234E00.htm. Consultado 20 set 2013
19. FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. Reservorios en el Alto Andino. Integrated and Adaptive Management of Enviromental Resources and Climatic Risks in High Andean Micro-Watersheds. Proyecto UNJP/PER/042/SPA (en línea) <https://www.youtube.com/watch?v=7DbIBxQm8K8&list=PL747E5D591CAD8415&index=4>. Consultado 17 ago 2013
20. Forestry Commission. 1993. The Forestry Authority. Forest & Water Guidelines. Third edition. UK.
21. Galdo A. 1985 Evaluación de escorrentía superficial y erosión hídrica bajo diferentes tipos de cobertura vegetal (San Ramón-Chanchamayo). Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Facultad de Ingeniería Forestal.

22. Global Water Partnership Centroamérica. 2011. Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. Tegucigalpa, Honduras. 42 p.
23. Graniel C. E. y Carrillo C. M. 2006. Calidad del agua del río Zanatenco en el Estado de Chiapas. *Ingeniería* 10, 35-42.
24. Gayoso J, Schlegel B, Acuña M. 2000. Guía de Conservación de Agua. Universidad Austral de Chile. Programa de Producción Forestal y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia – Chile.
25. Hansen, N. 1998. Impacto de las plantaciones en la producción de agua en una cuenca. Seminario Curso Impacto Ambiental de Proyectos Forestales. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.
26. Horton. R. K. 1965. An Index Number System for Rating water Quality. *Jr of WPCF* Vol. 37(3): 300-306.
27. Iowa's Water Ambient Monitoring Program. 2006. Why a Water Quality Index?. Water Fact Sheet 2006-8. Feb, 4 p. Iowa Department of Natural Resources Geological Survey.
28. Jáuregui-Medina C. S., Ramírez-Hernández M A., Espinoza-Rodríguez R., Tovar-Rodarte R., Quintero-Hernández B. y Rodríguez-Castañeda I. 2007. Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. *Rev. Latin. Rec. Nat.* 3, 65-73.
29. Jiménez, M. A; Vélez, M.V. 2006. Análisis Comparativo De Indicadores De La Calidad De Agua Superficial. *Avances en Recursos hidráulicos*, Octubre, Vol 14
30. Kim A. G. y Cardone C. R. 2005. Scatter score: A Reconnaissance Method to Evaluate Changes in Water Quality. *Environ. Monit. Assess.* 111, 277-295.
31. Marcial J. 2011. Implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en los servicios ambientales hidrológicos de la comunidad de Capulálpam de Méndez. Tesis en Ciencias Ambientales. Universidad de la Sierra Juárez. Oaxaca - México.
32. Mendoza M. 2002. Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* N° 49.

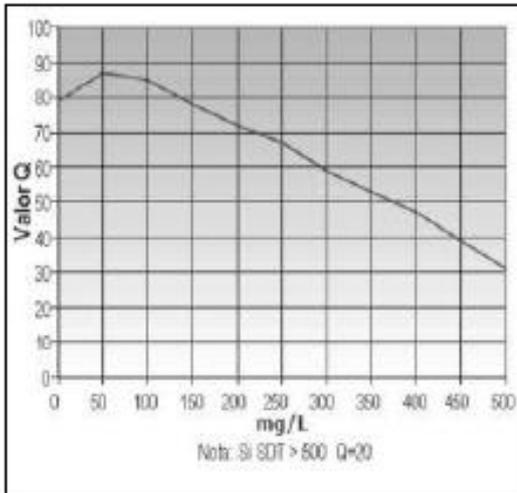
33. MINEM (Ministerio de Energía y Minas)-DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales). 1997. Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Rímac. Lima.
34. MINSAL (Ministerio de Salud) y SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). 2009. Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL. Lima Perú.
35. Murray R. Spiegel. 1969. Estadística, teoría y problemas. Editorial Mc Graw-Hill.
36. Ott, W. 1978. Environmental Indices; Theory and Practice. Michigan, Ann Arbor Science. 371p.
37. Ramírez, A.; Fernández, N.; Solano, F. 2005. Dinámica Físicoquímica y Calidad del Agua en la Microcuenca el Volcán, Municipio de Pamplona, Colombia. Revista Bistua. Vol 3 número 1.
38. Rivera-Vázquez R., Palacios-Vélez O. L., Chávez-Morales J., Belmont M. A., Nikolski-Gravilov I., De la Isla de Bauer M. L., Guzmán-Quintero A., Terrazas-Onofre L. y Carrillo-González R. 2007. Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del Valle de México. Rev. Int. Contam. Ambie. 23, 69-77.
39. Samboni N. E., Carvajal Y. y Escobar J. C. 2007. Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación 27, 172-181.
40. Tebutt, T, H, Y. 1994. Fundamentos de Control de calidad de Agua. Editorial Limusa S.A. de C. V., Grupo Noriega Editores. Segunda Reimpresión. México D.F.
41. Turk, A. 1988. Ecología, Contaminación, Medio Ambiente. Editorial Interamericana. México D.F.
42. UNEP/GEMS (United Nations Environment Programme/ Global Environment Monitoring System). 2008. Water quality for ecosystem and human health 2nd edition.
43. UNESCO/WHO/UNEP (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/World health organization /United Nations Environment Programme). 1996. Wáter Quality Assessment-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.

44. SAG (Servicio Agrícola Ganadero). 2005. Criterios de Calidad del Agua o efluentes tratados para uso en Riego. Chile. Universidad de Chile.
45. U. S. Department of the Interior. 1998. Guidelines for the Interpretation of the Biological Effects of selected constituents in Biota, Water, and Sediment; National Irrigation Water Quality Program Information Report N°3.
46. Valcárcel, L.; Alberro, N.; 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 Año 9, No.16.
47. Vizcaíno, M. F. 1987. La Contaminación en México. Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V. Mexico D.F.
48. Wilkes University. Center for Environmental Quality, Environmental Engineer and Earth Sciences. 2009. Calculating NSF Water Quality Index (en línea) <http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm>. Consultado 5 jun 2013

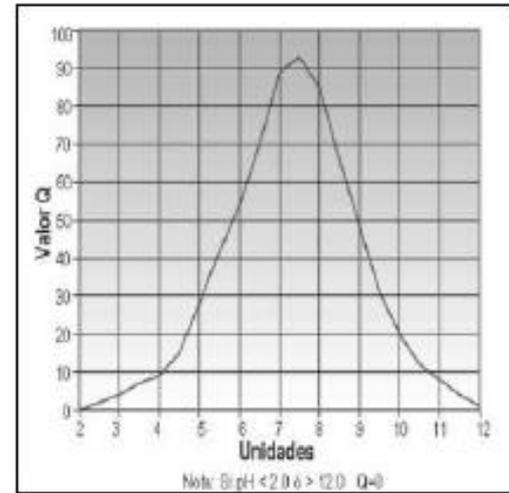
VIII. ANEXOS

ANEXO 1: CURVAS DE FUNCIÓN PARA EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA FUNDACIÓN NACIONAL DE SANIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS.

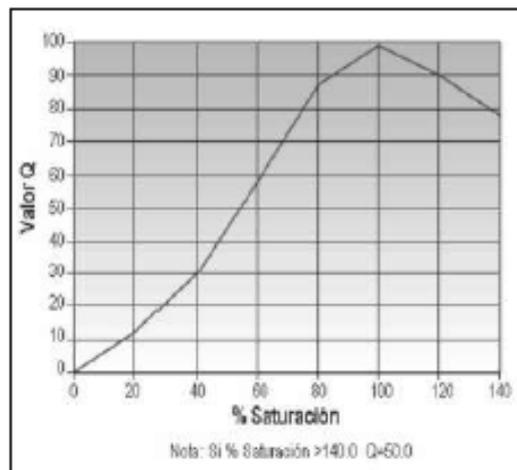
Curva de función Sólidos disueltos totales



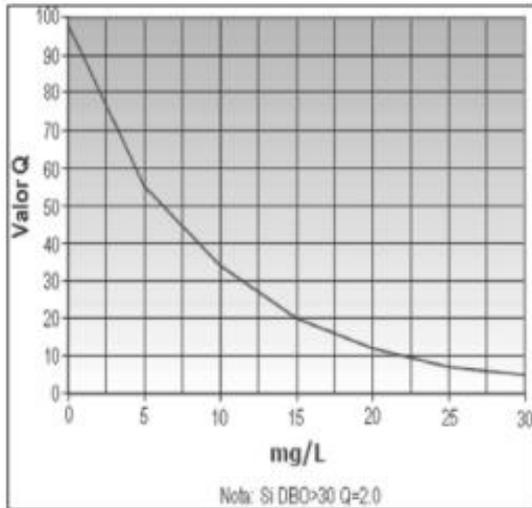
Curva de función pH



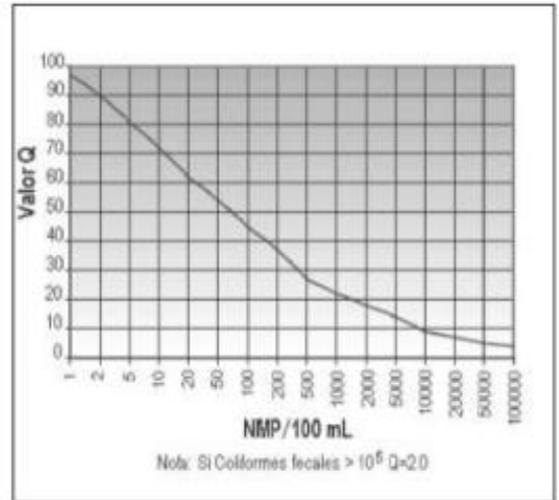
Curva de función Oxígeno Disuelto



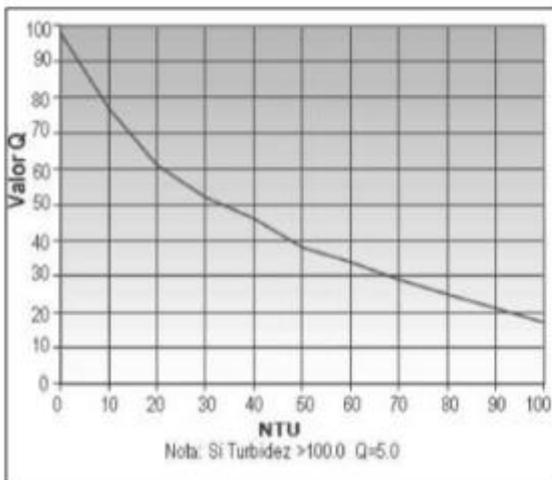
Curva de función Demanda Bioquímica de Oxígeno



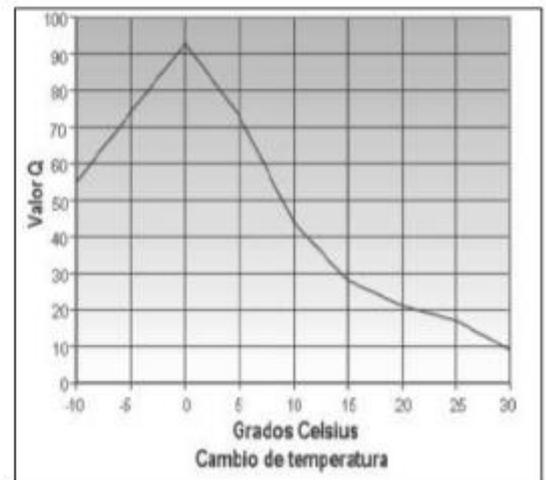
Curva de función Coliformes Totales



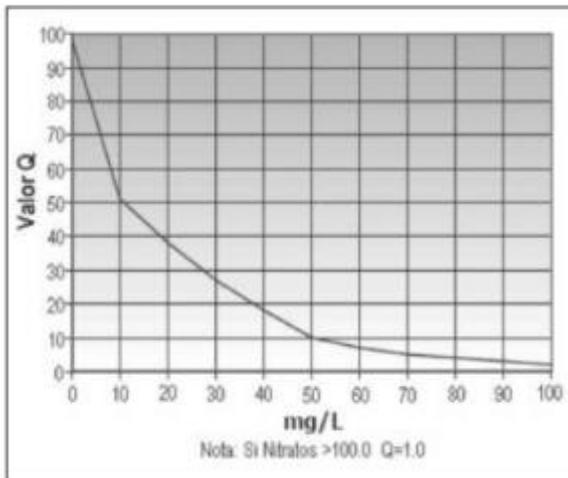
Curva de función Turbidez



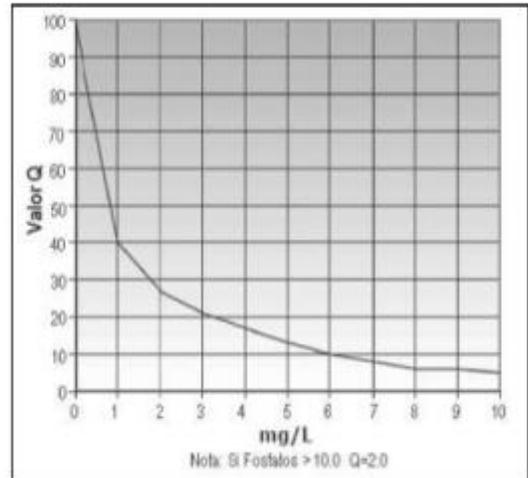
Curva de función Temperatura



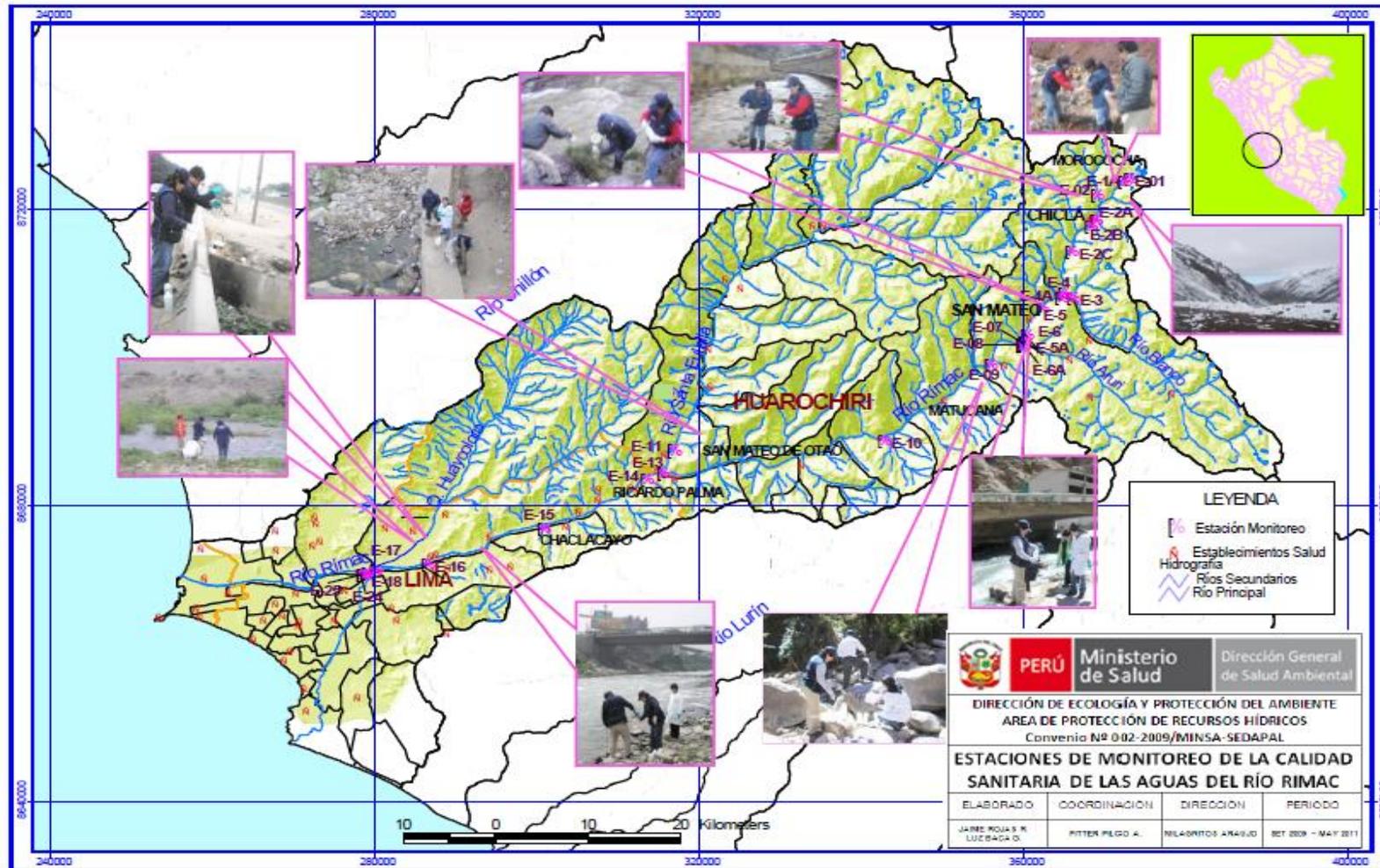
Curva de función Nitrato



Curva de función Fósforo total



ANEXO 2: ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CALIDAD SANITARIA DE LAS AGUAS DEL RÍO RÍMAC.



ANEXO 3: REGISTROS DE DATOS DE MONITOREOS DEL RÍO RÍMAC.

EVALUACIÓN SANITARIA 19-20-26-27 ENERO 2011																																			
Parámetro	pH	T	c.e.	Turb	OD	A y g	TPH	CN _{NAD}	Nt	PO ₄ ³⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H'	Al	As	Cd	Cu [mg/L]		Cr	Fe	Mn [mg/L]		Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem	
Estación	Unid	° C	µS/cm	UNT	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Digesa	Sedapal	mg/L	mg/L	mg/L	Digesa	Sedapal	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0		0,05	1,0	0,40		0,05	5,0	3,000	2,000	---	
E-01	9.46	7.74	11	10.0	9.17	-	-	-	0.12	<0.010	0.001	0.271	0.51	3.82	5	2.2	456	5	451	1.36	<0.050	0.007	<0.010	<0.010	<0.002	<0.028	0.047	0.027	0.037	<0.025	<0.011	0	0	21.50	
E-1A	8.79	5.68	1,231	245	9.54	3.4	0.007	<0.003	0.85	<0.010	0.053	0.993	1.02	1.01	44	<2.0	1,350	186	1,164	1.03	2.010	0.019	0.026	0.159	0.039	<0.028	7.26	22.55	17.185	0.264	8.83	0	0	86.00	
E-02	9.82	4.83	247	18.6	10.11	<1.0	<0.05	<0.003	1.00	<0.010	0.002	0.168	0.51	3.13	9	1.5	184	8	176	1.40	0.292	0.005	<0.010	<0.010	<0.002	<0.028	0.434	0.052	0.048	<0.025	0.014	0	0	16.00	
E-2A	9.05	6.10	449	90.2	10.02	1.8	<0.05	0.0054	0.80	<0.010	0.016	0.532	1.02	2.59	23	<2.0	396	31	365	1.91	1.333	0.022	0.018	0.344	0.431	<0.028	1.58	1.75	1.524	0.055	1.64	360	240	11.00	
E-2B	8.22	7.14	459	106	9.44	-	-	0.0041	0.82	<0.010	0.018	0.974	1.53	1.82	18	2.4	404	58	346	0.62	1.614	0.021	0.014	0.259	0.376	<0.028	2.34	1.50	1.337	0.110	1.34	260	120	16.00	
E-2C	9.13	7.51	429	80.1	9.92	1.6	<0.05	0.0044	0.97	<0.010	0.010	0.544	1.22	1.62	26	275	362	38	324	1.82	1.049	0.018	<0.010	0.146	0.181	<0.028	1.41	1.02	0.687	0.040	0.817	0	0	54.00	
E-03	9.59	8.58	189	363	10.17	-	-	<0.003	0.81	0.018	0.004	0.411	0.51	1.38	20	2.7	266	100	166	1.80	0.442	0.006	<0.010	0.018	0.001	<0.028	7.74	0.495	0.050	<0.025	0.066	0	0	11.00	
E-04	9.41	8.94	418	108	10.19	-	-	0.71	<0.010	0.014	0.712	1.02	1.52	25	3.4	402	63	339	-	1.169	0.017	<0.010	0.135	0.280	<0.028	2.15	0.952	0.495	0.084	0.775	0	0	47.00		
E-4A	9.39	9.35	315	116	10.04	-	-	0.87	<0.010	0.009	0.464	1.53	1.23	21	2.7	340	88	252	1.54	0.825	0.011	<0.010	0.071	0.159	<0.028	4.24	0.623	0.302	0.030	0.374	0	0	16.00		
E-05	8.91	13.03	558	88.3	9.49	-	-	2.34	<0.010	0.006	0.358	18.9	1.07	21	2.4	482	62	420	-	1.008	0.031	0.013	0.166	0.184	<0.028	3.02	0.579	0.364	0.071	1.73	0	0	27.00		
E-06	9.43	13.57	544	112	9.64	-	-	1.55	0.022	0.006	0.369	18.9	0.83	23	4.6	506	90	416	1.95	1.038	0.037	0.013	0.172	0.150	<0.028	3.13	0.600	0.330	0.078	1.75	0	0	36.00		
E-6A	9.37	13.73	561	120	9.43	1.3	<0.05	-	0.49	<0.010	0.006	0.386	17.9	1.06	31	3.3	516	95	421	1.58	1.131	0.035	0.014	0.179	0.165	<0.028	3.80	0.648	0.357	0.091	1.89	800	560	32.50	
E-6B	8.93	13.64	546	114	9.69	-	-	<0.003	0.66	<0.010	0.006	0.371	17.9	1.16	16	2.8	491	73	418	-	0.920	0.039	0.013	0.174	0.150	<0.028	3.74	0.640	0.337	0.078	1.75	0	0	22.00	
E-07	8.74	11.74	-	662	9.85	<1.0	<0.05	-	1.44	0.010	0.003	0.408	1.02	1.43	22	<2.0	988	700	288	1.60	0.710	0.101	0.015	0.465	0.070	<0.028	45.01	1.850	0.220	1.41	2.75	0	0	11.00	
E-08	8.82	13.30	444	243	9.81	<1.0	<0.05	<0.003	0.78	0.054	0.005	0.414	4.59	1.02	26	2.3	542	125	417	1.99	3.692	0.045	0.012	0.199	0.156	<0.028	5.46	0.658	0.310	0.169	1.75	0	0	16.00	
E-09	8.74	13.07	407	301	12.03	-	-	0.30	<0.010	0.004	0.409	13.8	1.04	11	2.4	568	231	337	-	1.103	0.048	0.015	0.282	0.116	<0.028	10.82	1.19	0.585	0.377	3.02	0	0	43.00		
E-10	8.85	14.48	409	398	9.96	-	-	0.79	<0.010	0.005	0.594	16.8	0.95	16	<2.0	652	322	330	-	1.366	0.037	<0.010	0.170	0.035	<0.028	10.86	0.914	0.184	0.174	1.79	400	300	54.00		
E-11	8.82	16.43	419	964	9.21	5.1	<0.05	<0.003	0.71	0.010	0.096	1.697	20.4	14.02	144	3.1	1,184	694	490	1.47	1.633	0.050	0.012	0.192	0.036	<0.028	58.68	1.45	0.119	0.289	2.23	4,500	1,800	16.00	
E-13	8.73	14.60	272	164	9.58	1.4	-	<0.003	0.63	0.010	0.004	0.515	11.2	1.35	70	5.11	374	87	287	0.60	1.071	0.021	<0.010	0.056	0.026	<0.028	4.02	0.338	0.109	0.038	0.459	2,300	410	11.00	
E-14	8.81	15.97	349	1205	9.32	1.3	-	0.60	0.024	0.007	0.602	15.3	1.25	15	3.3	1,398	854	544	1.64	2.532	0.037	0.014	0.246	0.050	<0.028	61.35	1.81	0.168	0.434	2.58	1,800	1,800	33.00		
E-15	8.83	16.42	347	685	9.47	-	-	<0.003	0.49	0.023	0.013	0.581	13.3	1.53	14	13.1	908	578	330	1.55	1.829	0.071	<0.010	0.162	0.049	<0.028	45.36	1.07	0.126	0.240	1.53	7,900.00	3,300	22.00	
E-16	8.72	18.70	373	854	9.46	-	-	0.71	0.010	0.106	0.681	14.3	1.42	15	19.5	850	548	302	-	2.302	0.056	<0.010	0.152	0.050	<0.028	50.35	0.946	0.163	0.241	1.44	1,600.000	1,600.000	22.00		
E-17	8.48	26.18	1,333	831	3.25	5.2	0.155	0.0647	0.50	3.220	0.025	1.546	189	10.61	472	112	1,630	364	1,266	0.11	6.934	0.017	<0.010	0.110	0.101	0.444	14.10	0.746	0.549	0.336	0.712	920,000	350,000	22.00	
E-18	8.64	27.17	1,151	570	6.00	-	-	0.64	1.435	0.032	0.335	102	12.03	172	17.1	1,310	214	1,096	-	2.548	0.041	<0.010	0.098	0.029	0.043	14.72	0.630	0.265	0.266	0.642	240,000	130,000	43.00		
E-24	8.76	20.44	360	821	7.90	-	-	0.50	0.010	0.170	0.892	15.3	2.99	110	5.3	1,062	700	362	2.02	2.704	0.046	<0.010	0.171	0.038	<0.028	47.23	1.08	0.132	0.281	1.56	49,000	49,000	32.50		
E-25	8.74	20.42	25	1082	9.10	-	-	0.66	0.280	0.063	0.740	19.4	2.69	15	5.2	1,002	522	480	1.90	1.584	0.042	<0.010	0.181	0.037	<0.028	51.49	1.13	0.129	0.296	1.71	33,000	23,000	33.00		

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₂₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. Nº 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR 25-04-2011 y RHQ 12-8-2011

< No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: SEDAPAL - DIGESA 19, 20 ; 26 y 27-01-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo Nº 0061 - Cód. 402 al 429
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - I. E. Nº 0061 - Cód. 402 al 429
 Envío resultados SEDAPAL: Exp. Nº 4355-2011-DV de 10-02-2011

Exp. Nº 6532-2011-DI de 04-03-2011
 Exp. Nº 4972-2011-DI de 17-02-2011

ESTACIONES			
Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA			
402	E-01: Río Rimac, bocanoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	416	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
403	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efluente Volcan Cia. Min. Unidad Tictio.	417	E-08: Río Rimac, bocanoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
405	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119.5.	418	E-09: Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83.5.
406	E-2A: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Casapalca.	419	E-10: Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
407	E-2B: Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	421	E-11: Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
408	E-2C: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	422	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de confluencia con el río Rimac.
409	E-03: Río Blanco, Estación Metereológica SENAMHI.	423	E-14: R. Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
410	E-04: Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	424	E-15: Río Rimac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
411	E-4A: Río Rimac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	425	E-16: Río Rimac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9.5.
412	E-05: Río Rimac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	426	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rimac.
413	E-06: Río Rimac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90.6.	427	E-18: Río Rimac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m a aguas abajo).
414	E-6A: Río Rimac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	428	E-24: Río Rimac, Bocanoma 1 - La Atarjea.
415	E-6B: R. Rimac, 100 m después efluente Minera San Juan, antes de unión al Aruri.		

EVALUACIÓN SANITARIA 09-10 FEBRERO 2011

Estación	pH	T °C	c.e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{MAD} mg/L	Nt mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Cr mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	H' mg/L	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem V/L
																							Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
E-01	9.24	8.85	500	0.0	8.22	-	-	-	1.87	<0,010	0,058	1,192	3,1	1,26	11	2,1	388	-	-	0,184	0,004	<0,010	<0,010	<0,002	<0,028	0,052	0,033	0,131	<0,025	<0,011	0	0	0,0
E-1A	7.95	7.61	1,160	128	7.11	<1,0	<0,005	<0,003	0,38	<0,010	0,005	0,323	2,0	2,66	14	<2,0	1,424	-	0,00	5,381	0,053	0,096	0,271	0,225	<0,028	5,79	50,55	98,797	0,291	44,850	0	0	32,0
E-02	9.10	6.03	1,880	531	7.80	<1,0	<0,005	<0,003	0,33	<0,010	0,003	0,538	2,0	2,27	12	<2,0	174	-	2,37	0,651	0,005	<0,010	<0,010	<0,002	<0,028	0,375	0,051	0,052	<0,025	0,024	250	130	0,0
E-2A	8.08	6.84	322	555	7.94	<1,0	<0,005	<0,003	0,99	<0,010	0,017	0,718	2,0	1,78	26	<2,0	-	-	-	2,056	0,015	0,014	0,152	0,138	<0,028	1,66	3,32	3,359	<0,025	2,930	1,200	100	27,0
E-2B	-	-	-	-	-	-	-	0,0046	1,22	<0,010	0,028	0,851	2,6	2,06	20	<2,0	438	-	0,80	3,198	0,020	0,011	0,170	0,147	<0,028	4,38	3,16	3,240	0,174	2,720	4,000	800	27,0
E-2C	8.81	7.95	320	818	8.12	<1,0	<0,005	0,0047	0,83	<0,010	0,016	0,634	3,1	1,65	22	<2,0	324	-	0,69	1,090	0,011	<0,010	0,122	0,105	<0,028	1,20	1,53	1,673	0,036	1,430	400	100	21,5
E-03	-	-	-	-	-	-	-	<0,003	0,39	0,018	0,010	0,602	3,1	2,08	28	<2,0	344	-	1,63	7,006	0,012	<0,010	0,023	0,024	<0,028	17,78	1,09	0,998	0,036	0,095	60	60	43,0
E-04	8.89	9.30	325	1290	7.84	-	-	-	0,95	<0,010	0,021	0,787	2,0	1,66	24	<2,0	352	-	0,98	1,581	0,012	<0,010	0,110	0,089	<0,028	<0,038	1,42	1,461	0,047	1,220	-	-	16,0
E-4A	7.83	9.74	254	1102	-	-	-	-	0,60	<0,010	0,008	0,649	3,1	2,11	19	<2,0	360	-	-	5,235	0,013	<0,010	0,056	0,055	<0,028	9,59	0,982	1,209	0,039	0,610	320	200	152,0
E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	<0,010	0,014	0,537	15,3	2,21	20	<2,0	638	-	1,67	4,557	0,028	0,013	0,186	0,144	<0,028	23,65	1,670	0,936	0,067	2,210	200	100	11,0
E-06	9.30	13.80	520	210	8.09	5,4	-	-	0,50	<0,010	0,015	0,445	15,3	2,61	27	<2,0	508	-	1,79	3,993	0,029	0,012	0,157	0,133	<0,028	6,34	0,858	0,797	0,061	1,990	2,800	1,000	22,0
E-6A	9.09	13.90	531	187	8.00	-	-	-	0,68	<0,010	0,007	0,460	15,3	2,35	24	<2,0	496	-	1,25	4,692	0,031	0,011	0,155	0,148	<0,028	6,70	0,849	0,844	0,090	1,950	400	200	27,0
E-6B	8.81	13.80	526	150	7.68	-	-	<0,003	0,53	<0,010	0,015	0,414	16,3	2,15	23	2,4	505	-	1,86	3,944	0,025	0,012	0,164	0,146	<0,028	8,03	0,842	0,934	0,092	1,960	800	600	27,0
E-07	8.91	13.40	468	128	7.81	4,9	<0,005	-	0,54	0,014	0,011	0,541	2,0	2,25	23	<2,0	160	-	0,69	2,045	0,109	<0,010	0,104	0,086	<0,028	2,42	0,296	0,442	0,032	0,978	0	0	43,0
E-08	8.60	11.74	166	53	8.00	<1,0	<0,005	<0,003	0,56	<0,010	0,016	0,503	15,3	1,88	19	2,0	436	-	1,19	3,572	0,036	0,011	0,152	0,121	<0,028	6,14	0,728	0,840	0,052	1,820	600	100	27,0
E-09	8.84	13.37	412	225	8.10	-	-	-	0,63	<0,010	0,011	0,369	31,6	2,81	17	<2,0	402	-	1,33	3,233	0,045	0,011	0,157	0,108	<0,028	8,45	0,754	0,628	0,141	1,820	5	5	16,0
E-10	9.01	15.36	398	235	8.10	-	-	<0,003	0,72	<0,010	0,012	0,701	12,2	1,91	16	<2,0	436	-	0,98	5,311	0,056	<0,010	0,095	0,077	<0,028	8,49	0,634	0,523	0,056	0,281	400	400	43,0
E-11	8.76	16.98	398	829	9.06	4,6	<0,005	-	1,03	0,025	0,008	0,718	10,2	1,36	117	<2,0	808	-	1,87	17,202	0,156	<0,010	0,174	0,151	<0,028	28,01	0,977	1,026	0,209	0,523	130,000	49,000	86,0
E-13	8.63	15.58	248	175	9.46	<1,0	-	-	0,59	0,017	0,005	0,295	4,1	2,20	33	2,3	286	-	1,28	4,860	0,027	<0,010	0,043	0,034	<0,028	5,91	0,283	0,253	<0,025	0,321	33,000	33,000	32,5
E-14	8.74	16.65	314	426	9.28	3,7	-	-	0,66	0,017	0,007	0,431	8,2	1,71	43	<2,0	554	-	1,96	8,095	0,072	<0,010	0,109	0,075	<0,028	15,90	0,694	0,544	0,121	0,499	920,000	540,000	27,0
E-15	8.75	17.51	317	421	8.75	-	-	-	0,67	0,020	0,009	1,981	9,2	1,76	41	<2,0	544	-	2,06	9,440	0,124	<0,010	0,093	0,081	<0,028	10,01	0,589	0,615	0,133	0,341	240,000	79,000	86,0
E-16	8.74	19.41	334	489	8.82	-	-	-	0,90	0,039	0,016	0,454	9,2	1,99	53	5,2	576	-	-	9,730	0,098	<0,010	0,104	0,071	<0,028	16,75	0,716	0,512	0,124	0,970	170,000	130,000	22,0
E-17	8.51	31.48	1,680	203	1,74	7,6	-	<0,003	4,60	2,440	0,495	2,531	16,3	18,2	132	31,7	1,322	-	1,53	4,095	0,030	<0,010	0,031	0,039	0,039	4,30	0,312	0,311	0,064	0,159	920,000	920,000	64,0
E-18	8.78	24.27	521	389	7.40	-	-	-	2,05	0,825	0,389	3,189	26,5	4,40	48	11,8	526	-	-	9,437	0,083	<0,010	0,071	0,077	<0,028	9,06	0,440	0,532	0,091	0,447	920,000	540,000	96,0
E-24	8.85	21.10	332	471	8.76	-	-	-	1,09	0,082	0,012	0,527	18,4	2,22	62	<2,0	540	-	1,15	7,530	0,129	<0,010	0,096	0,065	<0,028	16,22	0,603	0,419	0,120	0,424	49,000	23,000	22,0
E-25	8.79	21.33	346	426	8.40	-	-	-	1,04	0,420	0,047	1,062	21,4	2,24	81	2,5	513	-	2,08	9,528	0,108	<0,010	0,085	0,076	<0,028	13,51	0,522	0,537	0,122	0,362	110,000	33,000	22,0

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.
 COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nematodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. Nº 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

◀ No detectado a valores menores
 ◻ No supera ECA para Agua
 ◻ Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 15 y 16-12-2010
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo Nº 0087-R - Cód. 584 al 611
 Análisis DIGESA: Hidrob. - Inf. Ensayo Nº 0087 - Cód. 585 al 612
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta Nº 143-2011-GPDP

Exp. Nº 7514-2011-DI de 15-03-2011
 Exp. Nº 6384-2011-DI de 03-03-2011
 Exp. Nº 7163-2011-DV de 11-03-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
584	E-01: Río Rimac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	598	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
585	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efuente Volcan Cia. Minera Unidad Ticio.	599	E-08: Río Rimac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
586	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	600	E-09: Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
587	E-2A: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	601	E-10: Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
588	E-2B: Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	602	E-11: Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
589	E-2C: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	603	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de confluencia con el río Rimac.
590	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	604	E-14: R. Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
591	E-04: Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	605	E-15: Río Rimac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
593	E-4A: Río Rimac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	606	E-16: Río Rimac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
594	E-05: Río Rimac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	608	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rimac.
595	E-06: Río Rimac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	609	E-18: Río Rimac, Mirador Nº 1 Las Palmeras (500 m aguas abajo).

EVALUACIÓN SANITARIA 09-10 MARZO 2011

Estación	pH Unid	T ° C	c.e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{WAD} mg/L	Nt mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Cl mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	H° Unid	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem V/L
																								Digesa	Sedapa			Digesa	Sedapa					
ECA + Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	---	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---	
E-01	9.23	8.2	450	0.0	7.71	-	-	-	0.36	<0.010	0.001	0.320	1.0	2.54	11	<2.0	344	5	339	0.28	0.200	0.005	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.018	0.039	<0.025	0.03	0	0	16	
E-1A	8.02	6.4	1245	109	7.61	<1.0	0.013	<0.003	1.18	<0.010	0.048	0.623	4.1	1.35	53	<2.0	1150	30	1120	0.00	2.580	0.081	0.047	0.134	0.113	<0.028	5.07	32.86	35.20	0.115	23.51	0	0	21.5
E-02	9.27	5.6	257	16.4	7.65	<1.0	<0.005	<0.003	0.53	<0.010	0.003	0.398	2.0	2.16	5	<2.0	176	10	166	2.18	0.392	0.009	<0.010	<0.010	0.005	<0.028	0.199	0.031	0.066	<0.025	0.033	728	376	16
E-2A	8.87	6.5	470	90.0	7.66	<1.0	<0.005	0.0089	1.24	<0.010	0.021	0.726	2.0	1.91	27	<2.0	346	18	328	1.21	1.463	0.029	0.016	0.288	0.285	<0.028	1.06	2.41	2.719	0.070	2.67	12	0	27
E-2B	8.73	7.2	493	49.0	6.97	-	-	0.0115	1.59	<0.010	0.025	0.840	3.1	1.81	33	<2.0	366	5	361	2.00	2.061	0.035	0.015	0.257	0.296	<0.028	0.961	2.22	2.647	0.059	2.43	216	28	11
E-2C	8.90	7.5	477	104	7.71	<1.0	0.016	<0.003	0.92	<0.010	0.016	0.581	3.1	1.57	16	<2.0	366	42	324	1.01	1.277	0.016	<0.010	0.155	0.130	<0.028	2.38	1.41	1.631	0.086	3.08	12	0	38
E-03	9.09	13.8	252	209	7.91	-	-	0.0082	0.36	<0.010	0.004	0.358	3.1	1.99	5	<2.0	156	36	120	2.16	1.230	0.005	<0.010	0.011	0.003	<0.028	1.41	0.063	0.052	<0.025	<0.011	24	0	16
E-04	8.98	8.7	476	136	7.91	-	-	-	1.01	<0.010	0.016	0.634	2.6	1.41	<5	<2.0	408	62	346	-	1.400	0.019	<0.010	0.149	0.135	<0.028	3.28	1.33	1.441	0.125	1.52	26	26	21.5
E-4A	9.08	9.8	289	75.4	7.74	-	-	-	0.61	<0.010	0.009	0.497	3.1	1.85	11	<2.0	222	52	170	-	1.144	0.009	<0.010	0.053	0.043	<0.028	1.97	0.487	0.424	0.040	0.499	0	0	27
E-05	8.73	12.7	503	57.4	7.33	-	-	-	0.47	<0.010	0.006	0.310	5.1	1.34	26	<2.0	368	47	321	-	1.336	0.024	<0.010	0.090	0.078	<0.028	1.28	0.401	0.401	0.036	1.31	12	12	38
E-06	9.08	13.1	503	84.6	7.30	-	-	-	0.51	<0.010	0.006	0.338	15.3	1.31	56	<2.0	396	64	332	2.11	1.263	0.023	<0.010	0.096	0.078	<0.028	2.93	0.448	0.394	0.065	1.29	124	112	5.5
E-6A	9.07	13.3	522	74.0	7.33	<1.0	<0.005	-	0.71	<0.010	0.006	0.422	14.8	1.40	12	<2.0	396	48	348	2.13	1.320	0.024	<0.010	0.095	0.070	<0.028	2.08	0.426	0.370	0.053	1.33	1,480	20	11
E-6B	8.97	13.3	503	64.3	7.37	-	-	<0.003	0.66	<0.010	0.006	0.359	15.3	1.58	11	<2.0	393	51	342	2.07	1.606	0.031	<0.010	0.091	0.079	<0.028	1.48	0.409	0.391	0.038	1.29	50	44	33
E-07	8.67	10.9	185	26.4	-	<1.0	<0.005	<0.003	0.60	<0.010	0.003	0.387	2.6	1.73	24	<2.0	152	22	130	2.19	2.380	0.080	<0.010	0.115	0.103	<0.028	1.97	0.318	0.500	0.028	1.15	4	4	21.5
E-08	9.00	13.1	470	52.4	7.53	<1.0	<0.005	<0.003	0.54	<0.010	0.006	0.369	15.3	1.42	8	<2.0	358	50	308	2.29	1.383	0.029	<0.010	0.093	0.077	<0.028	1.67	0.394	0.385	0.031	1.26	24	24	0
E-09	9.02	13.2	414	102	7.66	-	-	-	0.64	<0.010	0.005	0.382	12.2	1.82	27	<2.0	340	80	260	-	2.035	0.050	<0.010	0.099	0.087	<0.028	2.55	0.431	0.418	0.050	1.27	0	0	38
E-10	8.07	15.0	434	121	8.03	-	-	-	0.88	<0.010	0.008	0.473	13.3	1.40	21	<2.0	382	96	286	-	2.759	0.038	<0.010	0.070	0.062	<0.028	4.17	0.361	0.322	0.039	0.853	1,100	0	22
E-11	8.86	17.7	477	211	8.67	1.7	<0.005	<0.003	0.72	<0.010	0.019	0.615	8.2	2.51	30	3.8	490	200	290	1.79	3.684	0.036	<0.010	0.083	0.052	<0.028	5.01	0.393	0.242	0.070	0.967	1,800	1,800	22
E-13	8.74	15.8	312	539	8.96	<1.0	<0.005	<0.003	0.49	<0.010	0.011	0.401	6.1	3.16	23	4.4	390	51	339	2.17	1.450	0.019	<0.010	0.023	0.025	<0.028	1.50	0.111	0.123	<0.025	0.209	1,800	1,800	22
E-14	8.89	17.4	403	129	8.62	<1.0	<0.005	-	0.64	<0.010	0.016	0.476	11.2	2.14	27	3.9	374	117	257	1.52	3.654	0.018	<0.010	0.061	0.047	<0.028	4.84	0.287	0.230	0.050	0.670	1,800	1,800	27
E-15	8.91	17.5	388	110	8.64	-	-	<0.003	0.68	<0.010	0.015	0.494	11.2	2.23	25	3.4	324	91	233	1.52	3.058	0.019	<0.010	0.051	0.041	<0.028	4.47	0.220	0.182	0.035	0.560	79,000	33,000	192
E-16	8.74	19.6	394	116	8.79	<1.0	<0.005	-	1.06	<0.010	0.029	0.576	11.2	3.94	15	8.7	334	96	238	1.66	2.839	0.024	<0.010	0.049	0.032	<0.028	3.96	0.200	0.137	0.031	0.473	23,000	23,000	32
E-17	8.63	29.6	1,570	94.7	3.72	-	-	<0.003	10.57	2.080	0.905	5.046	153	10.5	62	39.2	1,614	119	1,495	0.78	2.141	0.011	<0.010	0.014	0.019	0.039	1.07	0.128	0.190	<0.025	0.054	240,000	79,000	0
E-18	8.78	21.3	422	110	8.20	-	-	-	1.38	0.082	0.047	0.590	5.1	4.87	28	9.3	1,306	92	1,214	1.78	4.325	0.020	<0.010	0.031	0.043	<0.028	2.39	0.112	0.204	<0.025	0.274	49,000	23,000	33
E-24	8.90	21.1	386	131	8.60	-	-	-	1.28	0.011	0.042	0.584	12.2	3.86	<5	3.9	344	95	249	0.57	3.324	0.017	<0.010	0.042	0.036	<0.028	3.60	0.177	0.161	0.032	0.417	920,000	540,000	16
E-25	8.96	21.2	410	118	8.13	-	-	-	1.35	0.099	0.047	0.563	14.3	2.82	23	3.9	324	96	226	1.11	4.641	0.028	<0.010	0.047	0.043	<0.028	3.61	0.184	0.194	0.031	0.420	1,600,000	920,000	11

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.
 COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H° : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L : Nematodos de vida libre por litro
 NMP/dL : Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: RHQ 16-05-2011

< No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 09 y 10-03-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0157-R - Cód. 1086 al 1113
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - Inf. Ensayo N° 0157
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 190-2011-GPDP

Exp. N° 10867-2011-DI de 04-04-2011
 Exp. N° 8731-2011-DI de 29-03-2011
 Exp. N° 11986-2011-DV de 12-04-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
1086	E-01: Río Rimac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	1099	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
1087	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de effluente Volcan Cia. Minera Un. Tictio.	1100	E-08: Río Rimac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
1088	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119.5.	1102	E-09: Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83.5.
1099	E-2A: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	1103	E-10: Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
1090	E-2B: Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	1104	E-11: Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
1091	E-2C: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	1105	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la confluencia con el río Rimac.
1092	E-03: Río Blanco, Estación Metereológica SENAMHI.	1107	E-14: R. Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
1093	E-04: Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	1108	E-15: Río Rimac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
1094	E-4A: Río Rimac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	1109	E-16: Río Rimac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9.5.
1095	E-05: Río Rimac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	1110	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rimac.
1096	E-06: Río Rimac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90.6.	1111	E-18: Río Rimac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m a guas abajo).
1097	E-6A: Río Rimac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	1112	E-24: Río Rimac, Bocatoma 1 - La Atarjea.
1098	E-6B: R. Rimac, 100 m después effluente Minera San Juan, antes de unión al Aruri.	1113	E-25: Río Rimac, Bocatoma 2 - La Atarjea.

EVALUACIÓN SANITARIA 13-14 ABRIL 2011

Estación	Parámetro	pH	T	c.e.	Turb	OD	A y g	TPH	CN _{RED}	Ni	PO ₄ ³⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	CF	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	Al	As	Cd	Cu (mg/L)		Cr	Fe	Mn (mg/L)		Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
																								Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1		5.5-9.0	---	1,600	100	≥ 5.0	1.0	0.20	0.08	---	---	1.0	10	250	---	20	5.0	---	---	1,000	0.20	0.010	0.003	2.0	0.05	1.0	0.40	0.05	5.0	3,000	2,000	---		
E-01	Subc A2	9.61	8.35	411	0.0	3.14	-	-	0.34	<0,010	0.066	0.933	0.57	3.15	<5.0	<2.0	292	10.0	282	0.061	0.002	<0,010	<0,010	0.002	<0,028	<0,038	0.026	0.038	<0,025	<0,011	0	0	1.0	
E-1A		9.29	5.70	1,310	371	5.04	<1.0	0.013	<0,003	1.57	<0,010	0.002	0.158	1.42	2.11	102	<2.0	1,490	436	1,054	3.523	0.031	0.027	0.145	0.140	<0,028	10.71	36.60	30.158	0.250	8.15	0	0	37.5
E-02		9.86	4.39	293	90.4	5.71	<1.0	<0,005	<0,003	0.65	0.016	0.000	0.286	0.38	2.78	<5.0	<2.0	204	28	176	0.149	0.007	<0,010	<0,010	0.003	<0,028	0.281	0.023	0.037	<0,025	<0,011	450	130	32.5
E-2A		9.70	5.49	555	64.7	4.51	<1.0	<0,005	0.0100	1.42	<0,010	0.018	0.847	1.15	3.99	<5.0	<2.0	454	76	378	1.230	0.034	0.015	0.313	0.241	<0,028	1.50	3.54	3.286	0.031	1.52	0	0	48.0
E-2B		9.45	6.69	597	64.1	4.06	-	-	0.0126	2.02	0.014	0.027	1.174	1.64	5.11	26.0	<2.0	474	72	402	1.108	0.008	0.018	0.319	0.254	<0,028	2.00	3.33	3.053	0.046	1.55	410	10	43.0
E-2C		9.73	6.89	547	42.6	4.26	<1.0	<0,005	0.0083	1.16	0.037	0.018	0.709	1.51	4.95	9.0	<2.0	426	58	368	0.588	0.005	<0,010	0.161	0.116	<0,028	1.01	1.68	1.547	<0,025	0.914	12	8	11.0
E-03		9.76	8.21	217	22.7	1.16	-	-	<0,003	0.51	0.010	0.002	0.276	0.45	5.75	<5.0	<2.0	148	16	132	0.225	0.002	<0,010	<0,010	0.002	<0,028	0.317	0.026	0.027	<0,025	0.022	41	35	0.0
E-04		9.65	8.23	532	147.0	2.55	-	-	1.40	<0,010	0.016	0.772	2.02	5.73	7.0	2.1	484	120	364	2.036	0.016	<0,010	0.149	0.107	<0,028	3.92	1.74	1.414	0.043	0.982	248	204	0.0	
E-4A		9.43	8.69	358	71.9	2.66	-	-	0.84	0.015	0.009	0.489	0.87	7.34	12.0	<2.0	316	70	246	1.462	0.002	<0,010	0.070	0.047	<0,028	1.95	0.793	0.644	<0,025	0.392	184	152	27.0	
E-05		9.27	13.12	635	58.3	2.81	-	-	0.68	0.010	0.005	0.512	22.9	8.98	9.0	5.5	486	78	408	1.268	0.009	0.014	0.138	0.098	<0,028	1.87	0.588	0.464	0.029	1.81	41	22	16.0	
E-06		9.58	13.62	631	68.0	3.49	-	-	1.02	0.011	0.005	0.449	22.6	9.51	22.0	<2.0	496	96	400	1.320	0.012	0.012	0.130	0.079	<0,028	2.06	0.574	0.430	0.032	1.73	72	64	0.0	
E-6A		9.42	13.92	650	75.5	3.43	<1.0	<0,005	-	0.84	0.032	0.005	0.441	5.28	8.49	6.0	<2.0	528	106	422	1.257	0.059	0.018	0.176	0.100	<0,028	3.49	0.626	0.469	0.130	2.27	940	180	2.5
E-6B		9.36	13.75	633	60.0	3.49	-	-	0.0042	0.68	0.022	0.005	0.372	22.3	7.33	5.0	<2.0	494	101	393	1.331	0.052	0.015	0.139	0.094	<0,028	2.59	0.559	0.456	0.057	1.79	120	26	0.0
E-07		9.30	10.36	197	29.3	3.69	<1.0	<0,005	-	0.73	0.027	0.003	0.365	1.8	6.87	<5.0	<2.0	162	32	130	0.730	0.087	<0,010	0.101	0.073	<0,028	1.59	0.269	0.217	0.059	0.984	0	0	0.0
E-08		9.45	13.24	568	49.6	3.41	<1.0	<0,005	0.0036	0.75	0.020	0.006	0.417	21.2	6.16	<5.0	<2.0	456	78	378	1.471	0.057	0.014	0.125	0.096	<0,028	2.66	0.504	0.445	0.056	1.59	116	56	11.0
E-09		9.59	13.86	508	56.2	3.41	-	-	0.92	0.010	0.004	0.397	16.1	6.22	6.0	<2.0	412	74	338	1.061	0.037	0.013	0.145	0.074	<0,028	2.54	0.498	0.362	0.073	1.64	12	4	0.0	
E-10		9.53	15.45	453	68.2	3.63	-	-	0.97	0.024	0.006	0.688	15.3	5.82	13.0	<2.0	370	74	296	0.795	0.020	<0,010	0.051	0.029	<0,028	1.49	0.251	0.163	<0,025	0.596	2,200	780	16.0	
E-11		9.50	17.49	493	150.0	5.17	<1.0	<0,005	<0,003	1.08	0.033	0.008	0.895	16.9	0.97	<5.0	3.6	394	76	318	0.722	0.015	<0,010	0.051	0.021	<0,028	1.46	0.201	0.115	0.031	0.508	3,500	3,500	16.0
E-13		9.35	15.72	316	77.0	5.29	<1.0	<0,003	0.49	0.026	0.002	0.363	7.40	1.78	12.0	4.4	294	94	200	1.975	0.016	<0,010	0.038	0.024	<0,028	1.62	0.196	0.134	<0,025	0.343	1,600	1,600	0.0	
E-14		9.45	16.90	395	87.2	5.11	<1.0	-	0.77	0.039	0.004	0.533	11.3	1.37	11.0	3.9	366	106	260	1.871	0.023	<0,010	0.061	0.026	<0,028	3.16	0.239	0.138	0.030	0.595	24,000	24,000	11.0	
E-15		9.46	17.46	386	95.1	5.21	-	-	<0,003	0.77	0.122	0.005	0.502	11.0	1.53	8.0	9.3	332	78	254	1.006	0.014	<0,010	0.040	0.016	<0,028	2.44	0.203	0.164	<0,025	0.397	33,000	23,000	37.5
E-16		9.40	19.59	380	87.1	5.05	-	-	1.22	0.550	0.009	0.457	10.6	1.76	<5.0	3.5	304	58	246	1.164	0.018	<0,010	0.040	0.015	<0,028	1.44	0.180	0.086	0.029	0.360	49,000	49,000	43.0	
E-17		8.97	28.26	1,500	431.0	104	3.8	0.386	<0,003	3.21	2.225	0.700	0.779	163	33.2	184.0	67.0	1,286	374	912	6.467	0.026	<0,010	0.032	0.043	0.042	3.68	0.298	0.328	0.034	0.092	16000000	16000000	22.0
E-18		9.40	21.76	421	100.0	1.95	-	-	1.16	4.225	0.018	0.655	18.3	2.59	11.0	4.9	350	76	274	3.754	0.021	<0,010	0.042	0.032	<0,028	3.19	0.191	0.163	0.042	0.323	350,000	130,000	16.0	
E-24		9.41	21.26	384	98.0	2.35	-	-	1.15	0.105	0.012	0.473	11.2	1.75	20.0	2.6	348	90	258	2.243	0.019	<0,010	0.040	0.023	<0,028	3.16	0.175	0.116	0.029	0.315	33,000	33,000	48.0	
E-25		9.38	21.46	403	101.0	2.10	-	-	1.05	0.152	0.017	0.466	14.6	2.13	<5.0	2.9	345	101	244	5.557	0.023	<0,010	0.047	0.028	<0,028	3.78	0.194	0.135	0.027	0.323	49,000	33,000	54.0	

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total

DQO : Demanda química de oxígeno

DBO : Demanda bioquímica de oxígeno

ST : Sólidos totales

H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)

C tot.: Coliformes totales

C term. : Coliformes termotolerantes

Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro

NMP/dL: Número más probable por decilitro

ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR y RHQ 06-07-2011

< No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 13 y 14-04-2011

Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0258 - Cód. 1949 al 1976

Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 210-2011-GPDP

Exp. N° 14291-2011-DI de 10-05-2011

Exp. N° 14403-2011-DV de 11-05-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
1949	E-01: Río Rimac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	1963	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
1950	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efuente Volcan Cia. Minera Unidad Ticio.	1964	E-08: Río Rimac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
1952	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocaril, Carretera Central Km 119.5.	1965	E-09: Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83.5.
1953	E-2A: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	1966	E-10: Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
1954	E-2B: Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	1968	E-11: Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
1955	E-2C: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	1969	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la confluencia con el río Rimac.
1956	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	1970	E-14: R. Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
1957	E-04: Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	1971	E-15: Río Rimac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
1958	E-4A: Río Rimac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	1972	E-16: Río Rimac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
1959	E-05: Río Rimac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	1973	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rimac.
1960			

EVALUACIÓN SANITARIA 11-12 MAYO 2011

Estación	Parámetro	pH	T	c. e.	Turb	OD	A y g	TPH	CN _{RED}	Ni	PO ₄ ³⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H ⁺	Al	As	Cd	Cu [mg/L]		Cr	Fe	Mn [mg/L]		Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
																									Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1 Subc A2		5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	1,000	---	1,000	---	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---	---			
E-01		7.36	6.62	453	0.0	6.24	-	-	0.34	<0.010	0.001	0.285	1.03	3.02	15	<2.0	322	5.0	317	1.45	<0.050	0.004	<0.010	<0.010	0.002	<0.028	0.046	0.023	0.034	<0.025	<0.011	0	0	11.0	
E-1A		7.13	6.55	1,339	502	5.85	1.2	0.015	<0.003	1.57	0.010	0.054	0.976	1.55	1.34	118	<2.0	1,570	536	1,034	0.00	18.08	0.021	0.019	0.080	0.033	<0.028	12.5	30.27	12.585	0.357	6.63	0	0	27.0
E-02		7.64	5.97	335	64.4	7.01	1.2	0.018	<0.003	0.65	<0.010	0.001	0.205	0.31	1.40	16	<2.0	270	30	240	2.36	0.064	0.005	<0.010	<0.010	0.002	<0.028	0.845	0.047	0.033	<0.025	0.035	10	16	27.0
E-2A		7.83	7.35	710	130	6.40	<1,0	<0,005	0,107	1,42	<0,010	0,023	0,960	1,35	1,73	40	<2,0	638	114	524	1,67	2,385	0,011	<0,010	0,782	0,729	<0,028	3,82	5,44	4,850	0,093	1,81	52	8	21,5
E-2B		7.92	8.40	723	120	5.83	-	-	0.028	2.0	0.024	0.023	1.044	1.78	1.79	40	<2.0	646	111	535	1.79	2.244	0.012	<0.010	0.707	0.631	<0.028	3.73	5.56	4.780	0.208	1.78	114	16	59.5
E-2C		7.97	8.45	724	76.9	6.09	1.4	<0,005	-	1,16	0,020	0,015	0,653	1,45	1,26	40	<2,0	618	51	567	1,92	0,991	0,010	<0,010	0,388	0,324	<0,028	1,31	2,43	2,340	0,065	1,03	24	4	32,5
E-03		8.21	10.06	257	5.6	6.81	-	-	0.51	0.021	0.001	0.220	0.56	1.43	31	<2.0	176	5	171	1.62	0.154	0.003	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.194	0.017	0.039	<0.025	0.045	156	78	0.0	
E-04		8.07	10.02	692	83.1	7.57	-	-	1.40	0.044	0.012	0.684	1.67	1.22	23	<2.0	596	43	553	-	0.574	0.012	<0.010	0.310	0.275	<0.028	1.19	2.14	2.008	0.046	0.754	912	476	16.0	
E-4A		8.18	10.43	507	50.8	6.10	-	-	0.84	0.022	0.008	0.465	1.26	1.26	29	<2.0	418	26	392	2.03	0.944	0.007	<0.010	0.172	0.150	<0.028	0.729	1.19	1.075	0.029	0.458	760	460	11.0	
E-05		7.96	15.22	808	24.5	4.97	-	-	0.68	0.038	0.001	0.296	35.2	0.63	17	<2.0	593	15	578	-	0.321	0.145	0.013	0.160	0.140	<0.028	0.615	0.605	0.461	0.044	1.87	68	48	27.0	
E-06		8.22	15.80	801	32.9	5.83	-	-	1.02	0.057	0.002	0.334	35.3	0.69	44	<2.0	588	16	572	1.94	0.355	0.029	0.012	0.148	0.119	<0.028	0.579	0.582	0.438	0.042	1.74	480	420	27.0	
E-6A		8.20	15.93	834	32.5	5.52	<1,0	<0,005	-	0,84	0,052	0,002	0,333	35,0	0,89	26	<2,0	608	16	592	-	0,323	0,044	0,014	0,157	0,121	<0,028	0,761	0,582	0,441	0,158	1,79	512	256	91,5
E-6B		8.20	15.80	808	25.0	5.74	-	-	0.010	0.68	0.103	0.002	0.310	34.8	0.67	7	2.1	602	17	585	1.26	0.283	0.035	0.016	0.164	0.117	<0.028	0.783	0.603	0.442	0.056	1.98	360	228	63.5
E-07		8.40	15.63	782	20.8	5.42	<1,0	<0,005	-	0,73	0,014	0,000	0,368	1,54	0,97	18	<2,0	222	11	211	2,28	0,205	0,062	0,012	0,082	0,069	<0,028	1,31	0,327	0,268	0,027	1,23	2	0	0,0
E-08		8.11	12.88	297	10.3	6.10	<1,0	<0,005	-	0,75	0,034	0,002	0,322	33,1	0,70	36	<2,0	584	17	567	1,79	0,231	0,058	0,016	0,156	0,109	<0,028	0,861	0,579	0,445	0,052	1,91	216	184	43,0
E-09		8.15	15.91	646	10.8	5.77	-	-	0.92	<0.010	0.001	0.597	24.2	0.79	23	<2.0	488	8	480	-	0.308	0.048	0.013	0.122	0.099	<0.028	0.977	0.410	0.350	0.176	1.57	0	0	43.0	
E-10		8.46	18.02	574	9.7	5.80	-	-	0.97	0.061	0.002	1.138	28.4	0.80	14	<2.0	420	5	415	-	<0.050	0.019	<0.010	0.015	0.008	<0.028	0.187	0.031	0.026	<0.025	0.160	2,400	300	21,5	
E-11		-	18.27	645	55.2	4.63	<1,0	0,007	-	1,08	0,046	0,009	0,674	27,9	0,99	6	<2,0	502	36	466	1,12	0,816	0,034	<0,010	0,061	0,031	<0,028	0,802	0,120	0,074	0,047	0,637	16,000	5,400	102,5
E-13		-	16.88	569	18.7	5.49	<1,0	-	0,49	0,020	0,012	0,884	18,5	1,17	5,0	<2,0	418	12	406	1,38	3,715	0,050	<0,010	0,054	0,232	<0,028	0,603	0,186	0,742	<0,025	0,583	4,900	2,300	38,0	
E-14		-	17.90	601	28.3	6.42	1.5	-	0.77	0.053	0.012	0.709	21.8	1.07	<5,0	<2,0	424	22	402	1,47	0,959	0,038	<0,010	0,057	0,037	<0,028	0,867	0,154	0,156	0,033	0,582	24,000	24,000	43,0	
E-15		-	16.93	559	24.9	6.44	-	-	0.77	0.079	0.023	0.576	19.7	1.27	<5,0	<2,0	406	17	389	-	0,179	0,032	<0,010	0,054	0,020	<0,028	0,700	0,160	0,102	0,029	0,587	350,000	240,000	27,0	
E-16		-	19.41	578	24.8	5.67	-	-	1.22	0.285	0.118	0.765	21.4	1.79	35	5.6	420	23	397	-	0.921	0.018	<0.010	0.047	0.034	<0.028	0.673	0.146	0.115	<0.025	0.458	79,000	79,000	75,5	
E-17		-	24.73	1,670	301	2.89	7.0	1.166	-	3.21	1.540	0.116	0.055	1.89	15.6	182	27.2	1,310	235	1,075	1,18	4,248	0,054	<0,010	0,061	0,047	0,382	25,5	0,379	0,333	0,128	0,260	5,400,000	2,400,000	172,5
E-18		-	21.17	706	44.4	5.92	-	-	1.16	0.427	0.160	0.780	42.2	4.08	33	6.0	494	31	463	-	0.825	0.020	<0.010	0.035	0.019	<0.028	1.06	0.140	0.093	<0.025	0.299	3,500,000	240,000	22,0	
E-24		-	19.55	575	20.6	6.41	-	-	1.15	0.279	0.148	0.716	21.9	1.87	<5,0	3,2	418	9	409	-	0,464	0,007	<0,010	0,042	0,019	<0,028	0,621	0,141	0,205	<0,025	0,428	33,000	23,000	43,0	
E-25		-	19.94	147	22.8	4.81	-	-	1.05	0.294	0.148	0.698	24.2	1.95	28	3.9	435	24	411	0.52	0.692	0.019	<0.010	0.039	0.020	<0.028	0.655	0.140	0.110	<0.025	0.402	4,900	23,000	91,5	

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H⁺ : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. Nº 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR 04-07-2011

← No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 11 y 12-05-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo Nº 0334 - Cód. 2649 al 2676
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - Informe de Ensayo Nº 0334
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta Nº 257-2011-GPDP

Exp. Nº 16563-2011-DI de 03-06-2011
 Exp. Nº 16563-2011-DI de 03-06-2011
 Exp. Nº 17537-2011-DV de 14-06-2011

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
2649	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	2663	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.
2650	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efuente Volcan Cia. Min. Unid. Tictio.	2664	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
2652	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	2665	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
2653	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Min. Los Quenuales.	2666	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
2654	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	2668	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
2655	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	2669	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la unión con el río Rímac.
2656	E-03: Río Blanco, Estación Meterológica SENAMHI.	2670	E-14: Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
2657	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100 antes de unión al r. Blanco.	2671	E-15: Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
2658	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	2672	E-16: Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
2659	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	2673	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rímac.
2660	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	2674	E-18: Río Rímac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m aguas abajo).
2661	E-6A: Río Rímac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	2675	E-24: Río Rímac, Bocatoma 1 - La Atarjea.
2662	E-6B: R. Rímac, 100 m después efuente Min. San Juan, antes de unión al Aruri.	2676	E-25: Río Rímac, Bocatoma 2 - La Atarjea.

EVALUACIÓN SANITARIA 15-16 JUNIO 2011

Estación	Parámetro	pH	T °C	c. e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	MEH mg/L	TPH mg/L	CN _{RED} mg/L	Nt mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	COT mg/L	DOO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	H' mg/L	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem VL/L
																									Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1 Subc. A2		5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
E-01	-	14.31	736	16.2	6.22	-	-	-	0.30	<0.010	0.002	0.101	2.04	3.10	15	4.2	364	5.0	359	-	<0.050	0.004	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	<0.038	0.024	0.003	<0.025	0.015	0	0	1.5	
E-1A	-	6.24	503	67.8	5.73	<1,0	-	<0,003	0.42	<0,010	0.004	0.227	1.02	0.83	19	3.2	406	34	372	-	<0.475	0.003	<0.010	0.014	0.007	<0.028	0.826	2.19	0.007	0.056	2.52	0	0	2.5	
E-02	-	5.11	404	13.8	7.46	<1,0	-	<0,003	0.54	<0,010	0.004	0.228	0.46	1.15	15	2.3	292	5	287	-	<0.090	0.003	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.274	0.018	0.003	<0.025	<0.011	1,200	120	1.0	
E-2A	-	6.76	743	20.1	7.44	<1,0	-	<0,003	3.34	<0,010	0.029	1.418	1.02	3.00	9	4.3	562	8	554	-	0.218	0.012	<0.010	0.362	0.258	<0.028	0.341	0.300	0.258	<0.025	0.283	0	0	16.0	
E-2B	-	7.59	751	30.5	6.59	-	-	<0,003	3.82	0.024	0.034	1.531	1.02	4.26	21	9.6	594	9	585	-	0.107	0.011	<0.010	0.358	0.205	<0.028	0.397	0.306	0.205	<0.025	0.303	0	0	66.0	
E-2C	-	7.93	838	19.2	7.25	<1,0	-	<0,003	2.05	<0,010	0.024	0.903	1.02	1.77	16	2.9	660	11	649	-	0.244	0.009	<0.010	0.188	0.138	<0.028	0.476	0.427	0.138	0.026	0.446	0	0	15.0	
E-03	-	9.52	303	13.2	7.20	-	-	0.72	<0,010	0.005	0.260	1.02	2.41	<5	2.8	214	5	209	-	<0.050	0.002	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.086	0.020	0.003	<0.025	0.016	32	0	2.0		
E-04	-	9.54	818	20.9	7.81	-	-	2.11	0.044	0.025	0.996	1.02	2.32	16	3.8	660	10	650	-	0.126	0.007	<0.010	0.141	0.087	<0.028	0.325	0.432	0.087	<0.025	0.388	0	0	21.5		
E-4A	-	9.53	623	12.1	7.38	-	-	1.32	0.243	0.015	0.744	0.86	1.39	18	3.4	482	7	475	-	0.107	0.004	<0.010	0.081	0.047	<0.028	0.275	0.273	0.047	<0.025	0.231	0	0	16.0		
E-05	-	15.97	927	12.0	6.65	-	-	0.51	<0,010	0.009	0.268	35.7	0.79	<5	4.9	694	6	688	-	<0.050	0.033	<0.010	0.071	0.029	<0.028	0.315	0.229	0.029	0.029	1.21	10	0	21.5		
E-06	-	14.31	736	16.2	6.22	-	-	3.04	0.364	0.053	1.224	21.4	2.50	5	7.4	540	5	535	-	<0.050	0.012	<0.010	0.016	0.011	<0.028	0.052	0.099	0.011	<0.025	0.225	160	20	82.0		
E-6A	-	16.08	943	10.3	6.48	<1,0	-	0.89	<0,010	0.011	0.473	32.7	1.52	<5	-	720	8	712	-	<0.050	0.036	<0.010	0.101	0.032	<0.028	1.36	0.239	0.032	0.381	1.33	0	0	-		
E-6B	-	16.08	937	10.1	5.94	-	-	<0,003	0.71	<0,010	0.009	0.385	34.7	0.97	34	5.7	690	5	685	-	<0.050	0.031	<0.010	0.068	0.042	<0.028	0.301	0.230	0.042	0.029	1.21	140	0	16.0	
E-07	-	11.31	413	33.2	5.66	2.2	-	1.01	<0,010	0.003	0.453	4.08	1.88	13	4.7	308	9	299	-	0.871	0.356	<0.010	0.077	0.164	<0.028	1.19	0.355	0.164	<0.025	1.36	0	0	27.0		
E-08	-	15.97	905	11.2	5.81	3.1	-	<0,003	0.59	0.012	0.012	0.289	33.7	0.81	7	4.6	668	5	663	-	0.167	0.042	<0.010	0.076	0.057	<0.028	0.505	0.249	0.057	<0.025	1.28	160	0	3.0	
E-09	-	14.32	780	13.7	5.64	-	-	0.90	0.010	0.001	0.609	32.7	1.17	16	3.9	592	5	587	-	0.402	0.074	<0.010	0.142	0.095	<0.028	0.844	0.391	0.095	<0.025	1.88	0	0	2.5		
E-10	-	18.05	728	17.3	6.57	-	-	2.26	0.067	0.002	1.422	33.7	3.11	12	5.1	534	5	529	-	<0.050	0.023	<0.010	<0.010	0.005	<0.028	0.069	<0.013	0.005	<0.025	0.101	0	0	32.5		
E-11	-	18.15	794	12.0	5.13	<1,0	-	1.84	<0,010	0.005	1.410	29.6	1.04	<5,0	3.1	596	5	591	-	0.081	0.028	<0.010	0.012	0.007	<0.028	0.171	0.021	0.013	<0.025	0.127	3,300	2,300	16.0		
E-13	-	17.36	621	3.2	5.16	<1,0	-	0.86	<0,010	0.002	0.571	18.4	1.13	<5,0	2.4	452	5	447	-	0.049	0.016	<0.010	0.012	0.006	<0.028	0.066	0.021	0.011	<0.025	0.194	5,400	5,400	43.0		
E-14	-	18.42	737	13.5	3.61	4.9	-	1.86	0.102	0.017	1.117	24.5	1.63	<5,0	6.3	542	6	536	-	0.049	0.005	<0.010	0.014	0.006	<0.028	0.222	0.033	0.012	<0.025	0.164	7,900	3,300	48.0		
E-15	-	15.74	680	21.2	5.84	-	-	0.87	<0,010	0.022	0.395	21.4	1.38	19	4.4	500	5	495	-	0.155	0.041	<0.010	0.035	0.021	<0.028	0.270	0.096	0.069	<0.025	0.500	49,000	49,000	113.0		
E-16	-	18.87	705	13.5	5.26	-	-	1.72	0.287	0.114	0.694	22.5	2.11	<5,0	7.1	514	6	508	-	0.065	0.042	<0.010	0.025	0.018	<0.028	0.220	0.072	0.208	<0.025	0.312	79,000	79,000	1069.0		
E-17	-	26.48	2,240	166	0.54	8.2	-	14.0	<0,010	0.014	0.553	255	124	232	98.2	1,750	117	1,633	-	1.798	0.013	<0.010	0.022	0.029	<0.028	1.74	0.254	0.272	<0.025	0.117	920,000	350,000	60.5		
E-18	-	20.25	692	13.5	4.26	-	-	2.15	0.366	0.116	0.776	44.9	6.44	10	10.8	612	8	604	-	0.107	0.029	<0.010	0.018	0.013	<0.028	0.273	0.079	0.058	<0.025	0.188	920,000	350,000	172.0		
E-24	-	21.47	851	18.0	4.66	-	-	1.52	0.202	0.102	0.764	24.5	2.39	<5,0	5.4	512	8	504	-	0.315	0.031	<0.010	0.024	0.018	<0.028	0.223	0.057	0.049	<0.025	0.235	46,000	46,000	70.0		
E-25	-	20.65	729	21.8	5.00	-	-	1.75	0.240	0.106	0.779	41.8	2.96	<5,0	7.1	535	13	522	-	0.150	0.042	<0.010	0.023	0.018	<0.028	0.233	0.071	0.058	<0.025	0.247	79,000	33,000	75.0		

LEYENDA

TPH: Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.
 COT: Carbono orgánico total
 MEH: Material extractable en hexano (aceites y grasas)
 DBO: Demanda bioquímica de oxígeno
 ST: Sólidos totales
 H': Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term.: Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro

ECA - Agua: Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM

Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: RHQ 15-07-2011 y JMRR 21-07-2011

◀ No detectado a valores menores Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 15 y 16-06-2011

◻ No supera ECA para Agua Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0454 - Cód. 3721 al 3748

◻ Supera ECA para Agua Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 288-2011-GPDP

Exp. N° 19766-2011-DI de 11-07-2011

Exp. N° 20369-2011-DV de 15-07-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
3721	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	3735	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.
3722	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de effluente Volcan Cía. Min. Unid. Tidllo.	3736	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
3724	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	3737	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
3725	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Min. Los Quenuales.	3738	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
3726	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cía. Minería Casapalca.	3740	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
3727	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	3741	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la unión con el río Rímac.
3728	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	3742	E-14: Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
3729	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100 antes de unión al r. Blanco.	3743	E-15: Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
3730	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	3744	E-16: Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
3731	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	3745	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rímac.
3732	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	3746	E-18: Río Rímac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m aguas abajo).
3733	E-6A: Río Rímac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	3747	E-24: Río Rímac, Bocatoma 1 - La Atarjea.
3734	E-6B: R. Rímac, 100 m después effluente Min. San Juan, antes de unión al Aruri.	3748	E-25: Río Rímac, Bocatoma 2 - La Atarjea.

EVALUACION SANITARIA 10-11-25-26 AGOSTO 2011

Estación	Parámetro	pH	T	c.e.	Turb	OD	A y g	TPH	CN _{NH4O}	Nt	PO ₄ ⁻³	NO ₂	NO ₃	Cl ⁻	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H'	Al	As	Cd	Cu (mg/L)		Cr	Fe	Mn (mg/L)		Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
																									Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1		5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
Subc A2																																			
E-01		8.90	21.09	386	-	8.60	-	-	-	0.26	0.008	0.001	0.293	2.9	1.58	<5,0	<2,0	428	5	423	1.36	<0,050	0,005	<0,010	0,010	<0,028	0,040	0,016	0,022	<0,025	0,021	0	0	16,0	
E-1A		8.61	11.31	598	-	8.26	<1,0	-	-	0.58	0.013	0.030	0.308	2.4	0.33	25,0	<2,0	1,124	123	1,001	0.00	3,046	0,032	<0,010	0,013	0,019	0,034	3,59	10,80	19,99	0,078	1,08	0	0	16,0
E-02		8.17	13.40	431	-	5.06	<1,0	-	-	0.56	<0,010	0,003	0,475	2,4	0,51	7,0	<2,0	290	5	285	1,71	<0,050	0,002	<0,010	<0,010	0,008	<0,028	0,175	0,015	0,074	<0,025	0,017	36	0	64,5
E-2A		-	-	-	-	-	-	-	-	1.12	0.012	0.025	0.640	2.9	0.39	23,0	2,1	-	-	-	-	1,383	0,018	-	-	0,020	-	-	7,113	-	-	340	210	43,0	
E-2B		-	-	-	-	-	-	-	-	1.42	0.090	0.027	0.651	2.9	0.61	18,0	4,1	-	-	-	-	0,784	0,004	-	-	0,023	-	-	7,229	-	-	0	0	113,0	
E-2C		8.13	11.58	1,044	-	5.77	<1,0	-	-	2.07	0.020	0.031	1.118	2.0	0.52	<5,0	3,0	800	12	788	0.36	0,255	0,008	<0,010	0,038	0,027	<0,028	0,615	1,33	2,324	<0,025	0,314	68	52	118,5
E-03		8.27	12.91	223	-	5.69	-	-	-	0.25	0.050	0.003	0.125	2.9	1.18	<5,0	<2,0	146	5	141	1.05	<0,050	0,004	<0,010	<0,010	0,003	<0,028	0,117	0,063	0,010	<0,025	<0,011	28	26	16,0
E-04		8.23	11.73	1,017	-	5.99	-	-	-	1.49	0.030	0.029	0.924	1.0	0.57	8,0	2,7	784	17	767	0.65	0,171	0,006	<0,010	0,041	0,019	<0,028	0,688	0,018	1,955	0,044	0,285	68	62	32,5
E-4A		8.24	12.32	480	-	5.92	-	-	-	0.56	0.011	0.010	0.436	14.7	0.94	14,0	<2,0	328	6	322	0.91	<0,050	0,005	<0,010	0,015	0,009	<0,028	0,285	1,09	0,237	<0,025	0,082	27	12	11,0
E-05		7.85	16.48	881	-	5.53	-	-	-	0.38	<0,010	0,005	0,278	18,6	0,49	20,0	<2,0	622	5	617	-	<0,050	0,022	<0,010	0,036	0,027	<0,028	0,238	0,331	0,149	<0,025	0,025	15	0	91,5
E-06		8.04	14.54	786	-	5.16	-	-	-	2.92	0.806	0.192	1.818	23.4	1.12	138,0	6,4	536	5	531	-	0,136	0,015	<0,010	0,011	0,013	<0,028	<0,038	0,213	0,112	<0,025	0,167	248	56	86,0
E-6A		7.98	16.39	896	-	5.30	<1,0	-	<0,003	0.41	0.030	0.007	0.368	23.4	0.46	<5,0	<2,0	636	5	631	1.23	<0,050	0,035	<0,010	0,038	0,025	<0,028	0,253	0,124	0,125	<0,025	0,795	46	18	59,5
E-6B		7.97	16.43	893	-	5.37	-	-	<0,003	0.56	0.025	0.007	0.380	4.9	0.54	91,0	2,0	644	5	639	0.99	<0,050	0,028	<0,010	0,040	0,027	<0,028	0,266	0,209	0,137	<0,025	0,811	56	10	75,5
E-07		8.04	12.27	553	-	6.08	<1,0	-	-	0.58	0.024	0.001	0.557	23.4	0.63	<5,0	<2,0	391	5	386	1.35	<0,050	0,031	<0,010	<0,010	0,011	<0,028	0,075	0,209	0,045	<0,025	0,192	18	0	16,0
E-08		7.96	16.32	893	-	5.84	<1,0	-	<0,003	0.80	0.013	0.008	0.469	32.2	0.63	<5,0	2,6	648	5	643	0.62	<0,050	0,015	<0,010	0,036	0,024	<0,028	0,239	0,013	0,083	<0,025	0,767	34	10	75,5
E-09		-	-	-	-	-	-	-	-	0.79	0.035	0.002	0.596	34.2	0.29	<5,0	2,4	-	-	-	-	0,138	0,193	-	-	0,046	-	-	0,080	-	-	0	0	70,0	
E-10		8.35	15.72	804	-	6.20	-	-	-	1.58	0.105	0.004	1.211	13.3	0.78	<5,0	2,3	554	5	549	-	<0,050	0,022	<0,010	0,017	<0,028	<0,038	0,202	0,006	<0,025	0,046	14	0	75,5	
E-11		8.05	20.96	879	-	5.88	<1,0	-	-	1.59	0.116	0.009	1.630	32.2	1.13	20,0	<2,0	636	5	631	2.01	4,580	0,018	<0,010	<0,010	0,007	<0,028	0,147	<0,013	0,115	<0,025	0,046	28,000	7,000	113,0
E-13		8.19	18.91	611	-	6.01	<1,0	-	-	1.75	0.376	0.017	0.819	15.6	1.27	38,0	<2,0	428	5	423	1.87	<0,050	0,012	<0,010	<0,010	0,009	<0,028	0,071	<0,013	0,008	<0,025	0,967	35,000	7,900	32,5
E-14		8.21	20.36	729	-	6.02	<1,0	-	-	1.86	0.383	0.050	1.329	25.4	0.46	8,0	3,6	514	5	509	1.38	0,322	0,025	<0,010	<0,010	0,016	<0,028	0,067	<0,013	0,018	<0,025	0,046	350,000	170,000	91,5
E-15		8.27	16.67	615	-	6.59	-	-	-	1.04	0.081	0.040	0.563	15.6	0.60	7,0	<2,0	430	5	425	1.73	0,092	0,023	<0,010	0,012	0,019	<0,028	0,137	0,055	0,032	<0,025	0,125	170,000	79,000	37,5
E-16		8.04	19.65	640	-	5.93	-	-	-	2.02	0.476	0.135	0.894	16.6	1.12	<5,0	3,4	450	9	441	-	0,136	0,021	<0,010	0,013	0,018	<0,028	0,269	0,038	0,025	<0,025	0,098	350,000	49,000	156,5
E-17		7.83	23.86	2,030	-	3.51	6,3	-	-	0.85	0.455	0.128	2.229	14.6	1.04	553,0	71,6	1,480	5	1,476	0,46	3,574	0,014	<0,010	0,039	0,071	0,056	4,34	0,385	0,106	0,049	0,256	7900000	3,300,000	536,0
E-18		8.16	20.23	640	-	6.14	-	-	-	1.69	0.427	0.161	0.893	17.6	1.33	12,0	3,9	464	16	448	-	0,098	0,022	<0,010	0,014	0,017	<0,028	0,488	0,043	0,021	<0,025	0,176	70,000	23,000	54,0
E-24		8.12	19.93	639	-	6.27	-	-	-	1.04	0.404	0.154	0.891	18.6	1.91	11,0	2,3	344	19	325	1.88	0,193	0,022	<0,010	0,014	0,016	<0,028	0,394	0,041	0,027	0,032	0,159	130,000	49,000	70,0
E-25		8.12	20.25	653	-	6.11	-	-	-	1.12	0.441	0.163	0.902	19.5	1.74	13,0	2,8	324	32	292	1.52	0,296	0,025	<0,010	0,015	0,020	<0,028	0,532	0,044	0,025	0,031	0,161	79,000	49,000	113,0

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total

DQO : Demanda química de oxígeno

DBO : Demanda bioquímica de oxígeno

ST : Sólidos totales

H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)

C tot.: Coliformes totales

C term.: Coliformes termotolerantes

Nem VL / L : Nemátodos de vida libre por litro

NMP/dL : Número más probable por decilitro

ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2009-MINAM

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR 11-11-2011

- ◀ No detectado a valores menores
- ◻ No supera ECA para Agua
- ◻ Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 10-11-25-26 agosto 2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0650-R Cód. 5568 al 5592
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - Informe de Ensayo N° 0650
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 327-2011-GPDP

Exp. N° 26029-2011-DI de 15-09-2011
 Exp. N° 26029-2011-DI de 15-09-2011
 Exp. N° 26033-2011-DV de 15-09-2011

ESTACIONES			ESTACIONES		
Cód.	Est.	Descripción	Cód.	Est.	Descripción
DIGESA			DIGESA		
5568	E-01:	Río Rimac, bocatoma de laguna Ticlicocha, Carretera Central Km 127.	5580	E-07:	Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
5569	E-1A:	Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efluente Volcan Cía. Minera Un. Ticlio.	5581	E-08:	Río Rimac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
5571	E-02:	Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	-	E-09:	Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
-	E-2A:	Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Casuales.	5582	E-10:	Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
-	E-2B:	Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cía. Minera Casapalca.	5584	E-11:	Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
5572	E-2C:	Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	5585	E-13:	Río Santa Eulalia, puente antes de la confluencia con el río Rimac.
5573	E-03:	Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	5586	E-14:	R. Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
5574	E-04:	Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	5587	E-15:	Río Rim

ANEXO 4: INFORMACIÓN UTILIZADA EN LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS PARA EL ICA NSF

I. Oxígeno disuelto en %de Saturación.

	E-08	E-09	E-10
	%SAT	%SAT	%SAT
Período de muestreo	OD	OD	OD
Enero	136.59	161.229981	126.217212
Febrero	107.353456	109.321971	104.705551
Marzo	104.357445	102.974365	102.964429
Abril	47.4139961	46.5493126	47.0182245
Mayo	84.1035593	82.5196496	79.4741496
Junio	85.9895152	77.8100549	90.0829371
Agosto	87.1108713	0	80.7919454

FUENTE: Elaboración propia (2014).

II. Promedio de las variables de cada parámetro considerado para el WQI NSF, estaciones 8, 9 y 10:

EPOCA DE MEDICIÓN	ESTACIÓN	%SAT	NMP/100mL	unidad	mg/L	°C	mg/L	mgN/L	UNT	mg/L
		OD	C. term	pH	DBO	T	PO4	NO3	Turb	STD
ÉPOCA HUMEDA	E-08	98.93	45.00	8.97	2.08	12.85	0.02	0.43	99.50	367.67
	E-09	105.02	2.25	9.05	2.10	13.38	0.01	0.39	171.05	311.67
	E-10	95.23	370.00	9.12	2.00	15.07	0.01	0.61	205.55	304.00
ÉPOCA SECA	E-08	85.73	64.67	8.04	3.07	15.06	0.02	0.36	7.17	624.33
	E-09	80.16	0.00	8.15	2.77	15.12	0.02	0.60	12.25	533.50
	E-10	83.45	100.00	8.41	3.13	17.26	0.08	1.26	13.50	497.67

FUENTE: Elaboración propia (2014).

III. Valor Q de cada variable, estaciones 8, 9 y 10.

	EST.	%SAT	NMP/100mL	unidad	mg/L	°C	mg/L	mgN/L	UNT	mg/L
		OD	C. Term	pH	DBO	T	PO4	NO3	Turb	STD
ÉPOCA HUMEDA	E-08	99	55	49	82	90	99	100	18	53
	E-09	99	71	49	82	90	99	100	5	58
	E-10	97	30	49	82	90	99	100	5	59
ÉPOCA SECA	E-08	90	55	85	70	90	99	100	80	20
	E-09	87	0	85	71	90	99	100	75	20
	E-10	87	45	70	70	90	99	99	75	31

FUENTE: Elaboración propia (2014).

IV. Resultados ponderados para cada variable por estación

	EST	%SAT	NMP/dL	unidad	mg/L	°C	mg/L	mgN/L	UNT	mg/L
		OD	C. TERM	pH	DBO	T	PO4	NO3	Turb	STD
ÉPOCA HUMEDA	E-08	16.83	8.80	5.39	9.02	9.00	9.90	9.96	1.44	3.71
	E-09	16.83	11.36	5.39	9.02	9.00	9.90	9.97	0.40	4.06
	E-10	16.49	4.80	5.39	9.02	9.00	9.90	9.95	0.40	4.13
ÉPOCA SECA	E-08	15.30	8.80	9.35	7.70	9.00	9.90	9.98	6.40	1.40
	E-09	14.79	0.00	9.35	7.81	9.00	9.90	9.95	6.00	1.40
	E-10	14.79	7.20	7.70	7.70	9.00	9.90	9.90	6.00	2.17

FUENTE: Elaboración propia (2014).

ANEXO 5: INFORMACIÓN UTILIZADA EN LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS PARA EL ICA CCME

I. Resultados de la estación E-08 en época húmeda para el CCME WQI.

Variables que fallaron	N° total de variables	F1
8	34	23.52941176

N° de pruebas deficientes	N° total de pruebas	F2
25	130	19.23076923

Valor inaceptable	Objetivo	Excursiones
8.82	8.5	0.037647059
8.6	8.5	0.011764706
9	8.5	0.058823529
9.45	8.5	0.111764706
3.41	4	0.173020528
0.057	0.05	0.14
0.012	0.005	1.4
0.011	0.005	1.2
0.01	0.005	1
0.014	0.005	1.8
5.46	1	4.46
6.14	1	5.14
1.67	1	0.67
2.66	1	1.66
0.658	0.2	2.29
0.728	0.2	2.64
0.394	0.2	0.97
0.504	0.2	1.52
0.31	0.2	0.55
0.84	0.2	3.2
0.385	0.2	0.925
0.445	0.2	1.225
0.169	0.05	2.38
0.052	0.05	0.04
0.056	0.05	0.12
∑ de excursiones		33.72302053

NSE 0.25940785

F3 20.59760467

CCMEWQI 78.80411917
ACEPTABLE

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

II. Resultados de la estación E-08 en época seca para el CCME WQI.

Variables que fallaron	N° total de variables	F1
6	34	17.64705882

N° de pruebas deficientes	N° total de pruebas	F2
9	95	9.473684211

Valor inaceptable	Objetivo	Excursiones
3.1	1	2.1
0.058	0.05	0.16
0.016	0.005	2.2
0.01	0.005	1
0.01	0.005	1
0.579	0.2	1.895
0.249	0.2	0.245
0.445	0.2	1.225
0.052	0.05	0.04
Σ de excursiones		9.865

NSE 0.103842105

F3 9.407333238

CCMEWQI 87.22377175
BUENA

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

III. Resultados de la estación E-09 en época húmeda para el CCME WQI.

Variables que fallaron	N° total de variables	F1
9	34	26.47058824

N° de pruebas deficientes	N° total de pruebas	F2
26	114	22.80701754

Valor inaceptable	Objetivo	Excursiones
8.74	8.5	0.028235294
8.84	8.5	0.04
9.02	8.5	0.061176471
9.59	8.5	0.128235294
3.41	4	0.173020528
0.015	0.005	2
0.011	0.005	1.2
0.01	0.005	1
0.013	0.005	1.6
0.282	0.2	0.41
10.82	1	9.82
8.45	1	7.45
2.55	1	1.55
2.54	1	1.54
1.19	0.2	4.95
0.754	0.2	2.77
0.431	0.2	1.155
0.498	0.2	1.49
0.585	0.2	1.925
0.628	0.2	2.14
0.418	0.2	1.09
0.362	0.2	0.81
0.377	0.05	6.54
0.141	0.05	1.82
0.073	0.05	0.46
3.02	2	0.51
∑ de excursiones		52.66066759

NSE 0.461935681

F3 31.59753789

CCMEWQI 72.80081683
ACEPTABLE

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

IV. Resultados de la estación E-09 en época seca para el CCME WQI.

Variables que fallaron	N° total de variables	F1
5	34	14.70588235

N° de pruebas deficientes	N° total de pruebas	F2
8	68	11.76470588

Valor inaceptable	Objetivo	Excursiones
0.074	0.05	0.48
0.193	0.05	2.86
0.013	0.005	1.6
0.01	0.005	1
0.41	0.2	1.05
0.391	0.2	0.955
0.35	0.2	0.75
0.176	0.05	2.52
∑ de excursiones		11.215

NSE 0.164926471

F3 14.15767216

CCMEWQI 86.39677085
BUENA

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

V. Resultados de la estación E-10 en época húmeda para el CCME WQI.

Variables que fallaron	N° total de variables	F1
9	23	39.13043478

N° de pruebas deficientes	N° total de pruebas	F2
23	119	19.32773109

Valor inaceptable	Objetivo	Excursiones
8.85	8.5	0.041176471
9.01	8.5	0.06
9.07	8.5	0.067058824
9.53	8.5	0.121176471
3.63	4	0.101928375
5.311	5	0.0622
0.056	0.05	0.12
0.01	0.005	1
0.01	0.005	1
0.01	0.005	1
0.01	0.005	1
10.86	1	9.86
8.49	1	7.49
4.17	1	3.17
1.49	1	0.49
0.914	0.2	3.57
0.634	0.2	2.17
0.361	0.2	0.805
0.251	0.2	0.255
0.523	0.2	1.615
0.322	0.2	0.61
0.174	0.05	2.48
0.056	0.05	0.12
∑ de excursiones		37.20854014

NSE 0.312676808

F3 23.81978611

CCMEWQI 71.29297783
ACEPTABLE

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

VI. Resultados de la estación E-10 en época seca para el CCME WQI.

Variables que fallaron	N° total de variables	F1
2	34	5.882352941

N° de pruebas deficientes	N° total de pruebas	F2
4	85	4.705882353

Valor inaceptable	Objetivo	Excursiones
0.01	0.005	1
0.01	0.005	1
0.01	0.005	1
0.202	0.2	0.01
∑ de excursiones		3.01

NSE 0.035411765

F3 3.420065902

CCMEWQI 95.22338086
EXCELENTE

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

ANEXO 6: MATRICES PEARSON POR ÉPOCA HUMEDA Y SECA PARA CADA ESTACIÓN

I. Resultados de la estación E-08 en época húmeda en la matriz de Pearson.

Variables	Ph	T	c.e	Turb	OD	TPH	CNWAD	Nt	PO4	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H'	Al	As	Cd	Cu D	Cu S	Fe	Mn D	Mn S	Pb	Zn	C.tot	C.term	Nem
Ph	1	0.670	0.872	-0.287	-0.833	-0.272	0.891	0.433	-0.074	-0.628	-0.540	0.591	0.843	-0.772	-0.272	-0.104	-0.304	-0.087	0.444	-0.799	0.655	0.686	-0.450	-0.505	-0.739	-0.666	-0.497	-0.237	-0.440	-0.732	-0.528	-0.883
T	0.670	1	0.946	0.399	-0.184	0.409	0.355	0.612	0.516	-0.997	-0.872	-0.165	0.223	-0.238	0.409	0.216	0.105	0.113	0.866	-0.470	0.394	0.365	-0.043	-0.068	-0.589	-0.614	-0.975	0.337	-0.479	-0.888	-0.793	-0.916
c.e	0.872	0.946	1	0.111	-0.490	0.124	0.603	0.549	0.275	-0.928	-0.830	0.161	0.497	-0.515	0.124	0.051	-0.105	-0.012	0.783	-0.684	0.505	0.500	-0.264	-0.302	-0.739	-0.726	-0.858	0.098	-0.547	-0.920	-0.779	-0.975
Turb	-0.287	0.399	0.111	1	0.638	1.000	-0.348	0.642	0.971	-0.409	-0.135	-0.922	-0.460	0.794	1.000	0.824	0.875	0.724	0.236	0.615	0.165	0.083	0.844	0.851	0.463	0.390	-0.514	0.983	0.389	0.008	0.004	-0.186
OD	-0.833	-0.184	-0.490	0.638	1	0.647	-0.932	-0.146	0.459	0.131	0.100	-0.897	-0.960	0.854	0.647	0.287	0.473	0.191	0.022	0.726	-0.593	-0.654	0.564	0.618	0.562	0.449	-0.028	0.563	0.244	0.344	0.140	0.526
TPH	-0.272	0.409	0.124	1.000	0.647	1	-0.333	0.653	0.974	-0.418	-0.140	-0.916	-0.447	0.787	1.000	0.829	0.876	0.729	0.239	0.608	0.179	0.098	0.843	0.849	0.457	0.385	-0.521	0.984	0.388	0.000	0.000	-0.200
CNWAD	0.891	0.355	0.603	-0.348	-0.932	-0.333	1	0.493	-0.112	-0.289	-0.104	0.684	0.989	-0.650	-0.333	0.071	-0.136	0.153	0.000	-0.554	0.841	0.878	-0.256	-0.322	-0.409	-0.297	-0.141	-0.225	-0.040	-0.345	-0.086	-0.698
Nt	0.433	0.612	0.549	0.642	-0.146	0.653	0.493	1	0.807	-0.564	-0.148	-0.295	0.385	0.234	0.653	0.847	0.726	0.828	0.157	0.162	0.853	0.808	0.606	0.558	0.149	0.176	-0.541	0.735	0.384	-0.215	-0.003	-0.706
PO4	-0.074	0.516	0.275	0.971	0.459	0.974	-0.112	0.807	1	-0.509	-0.172	-0.801	-0.234	0.673	0.974	0.891	0.891	0.805	0.252	0.508	0.390	0.313	0.827	0.818	0.384	0.335	-0.583	0.984	0.399	-0.083	-0.021	-0.378
NO2	-0.628	-0.997	-0.928	-0.409	0.131	-0.418	-0.289	-0.564	-0.509	1	0.900	0.200	-0.156	0.221	-0.418	-0.182	-0.084	-0.070	-0.900	0.467	-0.323	-0.292	0.058	0.078	0.599	0.633	0.987	-0.333	0.517	0.899	0.825	0.884
NO3	-0.540	-0.872	-0.830	-0.135	0.100	-0.140	-0.104	-0.148	-0.172	0.900	1	0.064	-0.003	0.406	-0.140	0.237	0.294	0.359	-0.992	0.660	0.053	0.065	0.402	0.402	0.807	0.859	0.894	-0.021	0.827	0.968	0.988	0.695
Cl	0.591	-0.165	0.161	-0.922	-0.897	-0.916	0.684	-0.295	-0.801	0.200	0.064	1	0.767	-0.885	-0.916	-0.611	-0.736	-0.499	-0.185	-0.706	0.220	0.299	-0.762	-0.794	-0.528	-0.424	0.343	-0.857	-0.317	-0.147	-0.036	-0.143
COT	0.843	0.223	0.497	-0.460	-0.960	-0.447	0.989	0.385	-0.234	-0.156	-0.003	0.767	1	-0.682	-0.447	-0.010	-0.209	0.091	-0.108	-0.548	0.789	0.836	-0.311	-0.375	-0.380	-0.260	-0.003	-0.331	-0.017	-0.253	-0.003	-0.590
DQO	-0.772	-0.238	-0.515	0.794	0.854	0.787	-0.650	0.234	0.673	0.221	0.406	-0.885	-0.682	1	0.787	0.695	0.830	0.650	-0.292	0.954	-0.143	-0.210	0.900	0.928	0.862	0.793	0.089	0.793	0.689	0.579	0.496	0.430
DBO	-0.272	0.409	0.124	1.000	0.647	1.000	-0.333	0.653	0.974	-0.418	-0.140	-0.916	-0.447	0.787	1	0.829	0.876	0.729	0.239	0.608	0.179	0.098	0.843	0.849	0.457	0.385	-0.521	0.984	0.388	0.000	0.000	-0.200
ST	-0.104	0.216	0.051	0.824	0.287	0.829	0.071	0.847	0.891	-0.182	0.237	-0.611	-0.010	0.695	0.829	1	0.978	0.987	-0.178	0.662	0.599	0.537	0.935	0.911	0.635	0.635	-0.224	0.914	0.742	0.258	0.386	-0.232
STS	-0.304	0.105	-0.105	0.875	0.473	0.876	-0.136	0.726	0.891	-0.084	0.294	-0.736	-0.209	0.830	0.876	0.978	1	0.953	-0.214	0.789	0.422	0.333	0.986	0.976	0.739	0.718	-0.156	0.943	0.771	0.361	0.436	-0.060
STD	-0.087	0.113	-0.012	0.724	0.191	0.729	0.153	0.828	0.805	-0.070	0.359	-0.499	0.091	0.650	0.729	0.987	0.953	1	-0.312	0.666	0.659	0.606	0.916	0.886	0.676	0.695	-0.096	0.838	0.818	0.349	0.500	-0.189
H'	0.444	0.866	0.783	0.236	0.022	0.239	0.000	0.157	0.252	-0.900	-0.992	-0.185	-0.108	-0.292	0.239	-0.178	-0.214	-0.312	1	-0.564	-0.105	-0.126	-0.315	-0.309	-0.733	-0.799	-0.913	0.112	-0.786	-0.931	-0.971	-0.648
Al	-0.799	-0.470	-0.684	0.615	0.726	0.608	-0.554	0.162	0.508	0.467	0.660	-0.706	-0.548	0.954	0.608	0.662	0.789	0.666	-0.564	1	-0.081	-0.133	0.879	0.901	0.973	0.935	0.358	0.654	0.843	0.789	0.732	0.566
As	0.655	0.394	0.505	0.165	-0.593	0.179	0.841	0.853	0.390	-0.323	0.053	0.220	0.789	-0.143	0.179	0.599	0.422	0.659	-0.105	-0.081	1	0.997	0.303	0.237	0.022	0.113	-0.227	0.314	0.376	-0.129	0.149	-0.680
Cd	0.686	0.365	0.500	0.083	-0.654	0.098	0.878	0.808	0.313	-0.292	0.065	0.299	0.836	-0.210	0.098	0.537	0.353	0.606	-0.126	-0.133	0.997	1	0.236	0.169	-0.016	0.082	-0.186	0.235	0.348	-0.131	0.150	-0.672
Cu D	-0.450	-0.043	-0.264	0.844	0.564	0.843	-0.256	0.606	0.827	0.058	0.402	-0.762	-0.311	0.900	0.843	0.935	0.986	0.916	-0.315	0.879	0.303	0.236	1	0.998	0.833	0.806	-0.027	0.907	0.822	0.490	0.532	0.106
Cu S	-0.505	-0.068	-0.302	0.851	0.618	0.849	-0.322	0.558	0.818	0.078	0.402	-0.794	-0.375	0.928	0.849	0.911	0.976	0.886	-0.309	0.901	0.237	0.169	0.998	1	0.845	0.811	-0.016	0.904	0.808	0.505	0.528	0.153
Fe	-0.739	-0.589	-0.739	0.463	0.562	0.457	-0.409	0.149	0.384	0.599	0.807	-0.528	-0.380	0.862	0.457	0.635	0.739	0.676	-0.733	0.973	0.022	-0.016	0.833	0.845	1	0.991	0.518	0.537	0.928	0.888	0.868	0.595
Mn D	-0.666	-0.614	-0.726	0.390	0.449	0.385	-0.297	0.176	0.335	0.633	0.859	-0.424	-0.260	0.793	0.385	0.635	0.718	0.695	-0.799	0.935	0.113	0.082	0.806	0.811	0.991	1	0.570	0.484	0.963	0.908	0.918	0.566
Mn S	-0.497	-0.975	-0.858	-0.514	-0.028	-0.521	-0.141	-0.541	-0.583	0.987	0.894	0.343	-0.003	0.089	-0.521	-0.224	-0.156	-0.096	-0.913	0.338	-0.227	-0.186	-0.027	-0.016	0.518	0.570	1	-0.442	0.486	0.853	0.122	0.807
Pb	-0.237	0.357	0.098	0.983	0.563	0.984	-0.225	0.735	0.984	-0.353	-0.021	-0.857	-0.331	0.793	0.984	0.914	0.943	0.838	0.112	0.654	0.314	0.235	0.907	0.904	0.537	0.984	-0.442	1	0.518	0.088	0.127	-0.210
Zn	-0.440	-0.479	-0.547	0.389	0.244	0.388	-0.040	0.384	0.399	0.517	0.827	-0.317	-0.017	0.689	0.388	0.742	0.771	0.818	-0.786	0.843	0.376	0.348	0.822	0.808	0.928	0.963	0.486	0.518	1	0.819	0.905	0.330
C.tot	-0.732	-0.888	-0.920	0.008	0.344	0.000	-0.345	-0.215	-0.083	0.899	0.968	-0.147	-0.253	0.579	0.000	0.258	0.361	0.349	-0.931	0.789	-0.129	-0.131	0.490	0.505	0.888	0.908	0.853	0.088	0.819	1	0.960	0.808
C.term	-0.528	-0.793	-0.779	0.004	0.140	0.000	-0.086	-0.003	-0.021	0.825	0.988	-0.036	-0.003	0.496	0.000	0.386	0.436	0.500	-0.971	0.732	0.149	0.150	0.532	0.528	0.868	0.918	0.812	0.127	0.905	0.960	1	0.621
Nem	-0.883	-0.916	-0.975	-0.186	0.526	-0.200	-0.698	-0.706	-0.378	0.884	0.695	-0.143	-0.590	0.430	-0.200	-0.232	-0.060	-0.189	-0.648	0.566	-0.680	-0.672	0.106	0.153	0.595	0.566	0.807	-0.210	0.350	0.808	0.621	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

FUENTE: Elaboración Propia (

II. Resultados de la estación E-08 en época seca en la matriz de Pearson.

Variables	Ph	T	c.e	Turb	OD	A. y g	Nt	PO4	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H'	Al	As	Cd	Cu D	Cu S	Fe	Mn D	Mn S	Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
Ph	1	-0.909	-0.857	-0.500	0.815	0.000	-0.228	0.845	-0.596	-0.767	0.596	0.386	0.893	-0.220	-0.729	0.866	-0.750	1.000	0.986	0.989	0.866	0.982	0.992	0.995	0.835	0.897	0.998	0.976	1.000	-0.447	
T	-0.909	1	0.994	0.816	-0.983	0.418	-0.200	-0.991	0.877	0.429	-0.206	0.035	-0.999	0.608	0.948	-0.996	0.958	-0.909	-0.826	-0.838	-0.996	-0.971	-0.955	-0.940	-0.944	-0.988	-1.000	-0.932	-0.796	0.033	
c.e	-0.857	0.994	1	0.875	-0.997	0.515	-0.306	-1.000	0.924	0.327	-0.098	0.144	-0.997	0.691	0.977	-1.000	0.984	-0.857	-0.759	-0.773	-1.000	-0.939	-0.916	-0.897	-0.902	-0.999	-0.996	-0.886	-0.725	-0.857	-0.077
Turb	-0.500	0.816	0.875	1	-0.909	0.866	-0.729	-0.885	0.993	-0.172	0.397	0.606	-0.836	0.955	0.957	-0.866	0.948	-0.500	-0.349	-0.368	-0.866	-0.655	-0.607	-0.570	-0.580	-0.894	-0.831	-0.550	-0.300	-0.551	
OD	0.815	-0.983	-0.997	-0.909	1	-0.579	0.378	0.999	-0.951	-0.254	0.021	-0.220	0.988	-0.745	-0.991	0.996	-0.995	0.815	0.707	0.722	0.996	0.910	0.883	0.861	0.867	0.999	0.987	0.848	0.670	0.815	0.153
A. y g	0.000	0.418	0.515	0.866	-0.579	1	-0.974	-0.534	0.803	-0.642	0.803	0.923	-0.449	0.975	0.684	-0.500	0.661	0.000	0.167	0.146	-0.500	-0.189	-0.128	-0.083	-0.095	-0.551	-0.441	-0.039	0.217	0.000	-0.894
Nt	-0.228	-0.200	-0.306	-0.729	0.378	-0.974	1	0.328	-0.646	0.800	-0.918	-0.986	0.234	-0.900	-0.500	0.289	-0.473	-0.228	-0.387	-0.368	0.289	-0.040	-0.101	-0.146	-0.134	0.346	0.225	-0.170	-0.434	-0.228	0.973
PO4	0.845	-0.991	-1.000	-0.885	0.999	-0.534	0.328	1	-0.933	-0.305	0.075	-0.167	0.995	-0.708	-0.982	0.999	-0.987	0.845	0.758	0.999	0.931	0.907	0.887	0.892	1.000	0.994	0.875	0.709	0.845	0.100	
NO2	-0.596	0.877	0.924	0.993	-0.951	0.803	-0.646	-0.933	1	-0.058	0.289	0.511	-0.893	0.915	0.984	-0.918	0.978	-0.596	-0.454	-0.472	-0.918	-0.737	-0.694	-0.661	-0.670	-0.940	-0.889	-0.642	-0.408	-0.596	-0.451
NO3	-0.767	0.429	0.327	-0.172	-0.254	-0.642	0.800	-0.305	-0.058	1	-0.972	-0.888	-0.397	-0.457	0.120	-0.343	0.151	-0.767	-0.863	-0.853	-0.343	-0.632	-0.679	-0.711	-0.702	-0.287	-0.405	-0.728	-0.888	-0.767	0.917
Cl	0.596	-0.206	-0.098	0.397	0.021	0.803	-0.918	0.075	0.289	-0.972	1	0.971	0.172	0.652	0.115	0.115	0.084	0.596	0.722	0.707	0.115	0.434	0.488	0.527	0.517	0.055	0.180	0.548	0.756	0.596	-0.985
COT	0.386	0.035	0.144	0.606	-0.220	0.923	-0.986	-0.167	0.511	-0.888	0.971	1	-0.070	0.815	0.330	-0.127	0.321	0.386	0.534	0.516	-0.127	0.204	0.264	0.308	0.296	-0.186	-0.061	0.331	0.577	0.386	-0.998
DQO	0.893	-0.999	-0.997	-0.836	0.988	-0.449	0.234	0.995	-0.893	-0.397	0.172	-0.070	1	-0.635	-0.959	0.998	-0.967	0.893	0.806	0.818	0.998	0.962	0.944	0.928	0.932	0.993	1.000	0.918	0.775	0.893	0.002
DBO	-0.220	0.608	0.691	0.955	-0.745	0.975	-0.900	-0.708	0.915	-0.457	0.652	0.815	-0.635	1	0.828	-0.679	0.810	-0.220	-0.055	-0.075	-0.679	-0.401	-0.343	-0.301	-0.312	-0.721	-0.628	-0.278	-0.004	-0.220	-0.774
ST	-0.729	0.948	0.977	0.957	-0.991	0.684	-0.500	-0.982	0.984	0.120	0.115	0.350	-0.959	0.828	1	-0.974	1.000	-0.729	-0.605	-0.621	-0.974	-0.845	-0.811	-0.784	-0.791	-0.986	-0.956	-0.768	-0.564	-0.729	-0.286
STS	0.866	-0.996	-1.000	-0.866	0.996	-0.500	0.289	0.999	-0.918	-0.343	0.115	-0.127	0.998	-0.679	-0.974	1	-0.980	0.866	0.771	0.784	1.000	0.945	0.923	0.905	0.910	0.998	0.998	0.894	0.737	0.866	0.060
STD	-0.750	0.958	0.984	0.948	-0.995	0.661	-0.473	-0.987	0.978	0.151	0.084	0.321	-0.967	0.810	1.000	-0.980	1	-0.750	-0.630	-0.646	-0.980	-0.862	-0.829	-0.803	-0.810	-0.930	-0.965	-0.788	-0.589	-0.750	-0.256
H'	1.000	-0.909	-0.857	-0.500	0.815	0.000	-0.228	0.845	-0.596	-0.767	0.596	0.386	0.893	-0.220	-0.729	0.866	-0.750	1	0.986	0.989	0.866	0.982	0.992	0.997	0.995	0.835	0.897	0.998	0.976	1.000	-0.447
Al	0.986	-0.826	-0.759	-0.349	0.707	0.167	-0.387	0.744	-0.454	-0.863	0.722	0.534	0.806	-0.055	-0.605	0.771	-0.630	0.986	1	1.000	0.771	0.937	0.957	0.969	0.966	0.731	0.811	0.974	0.999	0.986	-0.590
As	0.989	-0.838	-0.773	-0.368	0.722	0.146	-0.368	0.758	-0.472	-0.853	0.707	0.516	0.818	-0.075	-0.621	0.784	-0.646	0.989	1.000	1	0.784	0.944	0.962	0.974	0.971	0.745	0.823	0.979	0.997	0.989	-0.573
Cd	0.866	-0.996	-1.000	-0.866	0.996	-0.500	0.289	0.999	-0.918	-0.343	0.115	-0.127	0.998	-0.679	-0.974	1.000	-0.980	0.866	0.771	0.784	1	0.945	0.923	0.905	0.910	0.998	0.998	0.894	0.737	0.866	0.060
Cu D	0.982	-0.971	-0.939	-0.655	0.910	-0.189	-0.040	0.931	-0.737	-0.632	0.434	0.204	0.962	-0.401	-0.845	0.945	-0.862	0.982	0.937	0.944	0.945	1	0.998	0.994	0.996	0.924	0.965	0.991	0.918	0.982	-0.270
Cu S	0.992	-0.955	-0.916	-0.607	0.883	-0.128	-0.101	0.907	-0.694	-0.679	0.488	0.264	0.944	-0.343	-0.811	0.923	-0.829	0.992	0.957	0.962	0.923	0.998	1	0.999	0.999	0.898	0.946	0.998	0.940	0.992	-0.329
Fe	0.997	-0.940	-0.897	-0.570	0.861	-0.083	-0.146	0.887	-0.661	-0.711	0.527	0.308	0.928	-0.301	-0.784	0.905	-0.803	0.997	0.969	0.974	0.905	0.994	0.999	1	1.000	0.877	0.931	1.000	0.955	0.997	-0.371
Mn D	0.995	-0.944	-0.902	-0.580	0.867	-0.095	-0.134	0.892	-0.670	-0.702	0.517	0.296	0.932	-0.312	-0.791	0.910	-0.810	0.995	0.966	0.971	0.910	0.996	0.999	1.000	1	0.883	0.935	0.999	0.951	0.995	-0.360
Mn S	0.835	-0.988	-0.999	-0.894	0.999	-0.551	0.346	1.000	-0.940	-0.287	0.055	-0.186	0.993	-0.721	-0.986	0.998	-0.990	0.835	0.731	0.745	0.998	0.924	0.898	0.877	0.883	1	0.992	0.866	0.695	0.835	0.119
Pb	0.897	-1.000	-0.996	-0.831	0.987	-0.441	0.225	0.994	-0.889	-0.405	0.180	-0.061	1.000	-0.628	-0.956	0.998	-0.965	0.897	0.811	0.823	0.998	0.965	0.946	0.931	0.935	0.992	1	0.922	0.780	0.897	-0.007
Zn	0.998	-0.932	-0.886	-0.550	0.848	-0.059	-0.170	0.875	-0.642	-0.728	0.548	0.331	0.918	-0.278	-0.768	0.894	-0.788	0.998	0.974	0.979	0.894	0.991	0.998	1.000	0.999	0.866	0.922	1	0.962	0.998	-0.394
C. tot	0.976	-0.796	-0.725	-0.300	0.670	0.217	-0.434	0.709	-0.408	-0.888	0.756	0.577	0.775	-0.004	-0.564	0.737	-0.589	0.976	0.999	0.997	0.737	0.918	0.940	0.955	0.951	0.695	0.780	0.962	1	0.976	-0.631
C. term	1.000	-0.909	-0.857	-0.500	0.815	0.000	-0.228	0.845	-0.596	-0.767	0.596	0.386	0.893	-0.220	-0.729	0.866	-0.750	1.000	0.986	0.989	0.866	0.982	0.992	0.997	0.995	0.835	0.897	0.998	0.976	1	-0.447
Nem	-0.447	0.033	-0.077	-0.551	0.153	-0.894	0.973	0.100	-0.451	0.917	-0.985	-0.998	0.002	-0.774	-0.286	0.060	-0.256	-0.447	-0.590	-0.573	0.060	-0.270	-0.329	-0.371	-0.360	0.119	-0.007	-0.394	-0.631	-0.447	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

III. Resultados de la estación E-09 en época húmeda en la matriz de Pearson.

Variables	Ph	T	c.e	Turb	OD	Nt	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	Al	As	Cd	Cu D	Cu S	Fe	Mn D	Mn S	Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
Ph	1	0.921	0.968	-0.873	-0.931	0.895	-0.386	0.127	-0.236	0.931	-0.427	-0.540	-0.397	-0.722	0.190	-0.422	-0.829	-0.047	-0.486	-0.928	-0.787	-0.674	-0.857	-0.628	-0.523	0.806	-0.806	-0.003
T	0.921	1	0.947	-0.718	-0.929	0.910	-0.060	-0.049	0.141	0.999	-0.561	-0.588	-0.347	-0.653	0.372	-0.183	-0.956	-0.033	-0.416	-0.765	-0.586	-0.562	-0.595	-0.574	-0.454	0.578	-0.578	-0.342
c.e	0.968	0.947	1	-0.722	-0.862	0.817	-0.375	0.248	-0.163	0.959	-0.640	-0.388	-0.187	-0.550	0.431	-0.486	-0.928	0.166	-0.278	-0.804	-0.606	-0.480	-0.731	-0.444	-0.320	0.807	-0.807	-0.025
Turb	-0.873	-0.718	-0.722	1	0.910	-0.901	0.272	0.185	0.268	-0.720	-0.068	0.772	0.756	0.938	0.312	0.161	0.501	0.481	0.821	0.988	0.985	0.936	0.914	0.889	0.842	-0.614	0.614	0.029
OD	-0.931	-0.929	-0.862	0.910	1	-0.996	0.055	0.241	-0.048	-0.924	0.225	0.800	0.650	0.885	-0.003	0.064	0.779	0.353	0.712	0.915	0.827	0.829	0.748	0.828	0.742	-0.543	0.543	0.318
Nt	0.895	0.910	0.817	-0.901	-0.996	1	0.027	-0.327	0.116	0.903	-0.169	-0.848	-0.700	-0.907	-0.045	0.025	-0.750	-0.422	-0.754	-0.893	-0.821	-0.850	-0.707	-0.861	-0.782	0.467	-0.467	-0.388
NO2	-0.386	-0.060	-0.375	0.272	0.055	0.027	1	-0.846	0.954	-0.099	0.263	-0.396	-0.296	-0.066	-0.140	0.951	0.087	-0.491	-0.213	0.376	0.306	-0.011	0.639	-0.162	-0.195	-0.849	0.849	-0.917
NO3	0.127	-0.049	0.248	0.185	0.241	-0.327	-0.846	1	-0.709	-0.011	-0.584	0.755	0.749	0.515	0.564	-0.940	-0.130	0.877	0.683	0.046	0.199	0.498	-0.207	0.612	0.664	0.655	-0.655	0.815
Cl	-0.236	0.141	-0.163	0.268	-0.048	0.116	0.954	-0.709	1	0.105	-0.037	-0.345	-0.156	-0.024	0.146	0.818	-0.172	-0.285	-0.090	0.336	0.351	0.064	0.618	-0.092	-0.084	-0.709	0.709	-0.954
COT	0.931	0.999	0.959	-0.720	-0.924	0.903	-0.099	-0.011	0.105	1	-0.576	-0.564	-0.326	-0.642	0.384	-0.223	-0.959	-0.005	-0.399	-0.772	-0.589	-0.553	-0.613	-0.558	-0.438	0.610	-0.610	-0.305
DQO	-0.427	-0.561	-0.640	-0.068	0.225	-0.169	0.263	-0.584	-0.037	-0.576	1	-0.314	-0.581	-0.255	-0.968	0.545	0.775	-0.786	-0.520	0.065	-0.217	-0.352	0.051	-0.356	-0.482	-0.497	0.497	-0.023
DBO	-0.540	-0.588	-0.388	0.772	0.800	-0.848	-0.396	0.755	-0.345	-0.564	-0.314	1	0.945	0.942	0.462	-0.493	0.350	0.827	0.948	0.685	0.750	0.914	0.451	0.966	0.953	0.000	0.000	0.606
ST	-0.397	-0.347	-0.187	0.756	0.650	-0.700	-0.296	0.749	-0.156	-0.326	-0.581	0.945	1	0.922	0.721	-0.485	0.065	0.935	0.994	0.649	0.791	0.938	0.482	0.963	0.990	0.042	-0.042	0.416
STS	-0.722	-0.653	-0.550	0.938	0.885	-0.907	-0.066	0.515	-0.024	-0.642	-0.255	0.942	0.922	1	0.461	-0.192	0.402	0.725	0.955	0.879	0.927	0.991	0.722	0.992	0.967	-0.305	0.305	0.321
STD	0.190	0.372	0.431	0.312	-0.003	-0.045	-0.140	0.564	0.146	0.384	-0.968	0.462	0.721	0.461	1	-0.440	-0.627	0.846	0.682	0.186	0.454	0.557	0.196	0.542	0.652	0.294	-0.294	-0.018
Al	-0.422	-0.183	-0.486	0.161	0.064	0.025	0.951	-0.940	0.818	-0.223	0.545	-0.493	-0.485	-0.192	-0.440	1	0.285	-0.705	-0.397	0.294	0.146	-0.173	0.528	-0.306	-0.371	-0.868	0.868	-0.821
As	-0.829	-0.956	-0.928	0.501	0.779	-0.750	0.087	-0.130	-0.172	-0.959	0.775	0.350	0.065	0.402	-0.627	0.285	1	-0.237	0.135	0.579	0.345	0.295	0.431	0.311	0.176	-0.571	0.571	0.300
Cd	-0.047	-0.033	0.166	0.481	0.353	-0.422	-0.491	0.877	-0.285	-0.005	-0.786	0.827	0.935	0.725	0.846	-0.705	-0.237	1	0.894	0.342	0.549	0.758	0.181	0.807	0.874	0.368	-0.368	0.474
Cu D	-0.486	-0.416	-0.278	0.821	0.712	-0.754	-0.213	0.683	-0.090	-0.399	-0.520	0.948	0.994	0.955	0.682	-0.397	0.135	0.894	1	0.725	0.850	0.969	0.569	0.983	0.999	-0.063	0.063	0.365
Cu S	-0.928	-0.765	-0.804	0.988	0.915	-0.893	0.376	0.046	0.336	-0.772	0.065	0.685	0.649	0.879	0.186	0.294	0.579	0.342	0.725	1	0.960	0.872	0.948	0.813	0.751	-0.722	0.722	-0.050
Fe	-0.787	-0.586	-0.606	0.985	0.827	-0.821	0.306	0.199	0.351	-0.589	-0.217	0.750	0.791	0.927	0.454	0.146	0.345	0.549	0.850	0.960	1	0.948	0.917	0.890	0.865	-0.574	0.574	-0.055
Mn D	-0.674	-0.562	-0.480	0.936	0.829	-0.850	-0.011	0.498	0.064	-0.553	-0.352	0.914	0.938	0.991	0.557	-0.173	0.295	0.758	0.969	0.872	0.948	1	0.745	0.988	0.978	-0.304	0.304	0.233
Mn S	-0.857	-0.595	-0.731	0.914	0.748	-0.707	0.639	-0.207	0.618	-0.613	0.051	0.451	0.482	0.722	0.196	0.528	0.431	0.181	0.569	0.948	0.917	0.745	1	0.644	0.593	-0.847	0.847	-0.365
Pb	-0.628	-0.574	-0.444	0.889	0.828	-0.861	-0.162	0.612	-0.092	-0.558	-0.356	0.966	0.963	0.992	0.542	-0.306	0.311	0.807	0.983	0.813	0.890	0.988	0.644	1	0.990	-0.186	0.186	0.380
Zn	-0.523	-0.454	-0.320	0.842	0.742	-0.782	-0.195	0.664	-0.084	-0.438	-0.482	0.953	0.990	0.967	0.652	-0.371	0.176	0.874	0.999	0.751	0.865	0.978	0.593	0.990	1	-0.097	0.097	0.363
C. tot	0.806	0.578	0.807	-0.614	-0.543	0.467	-0.849	0.655	-0.709	0.610	-0.497	0.000	0.042	-0.305	0.294	-0.868	-0.571	0.368	-0.063	-0.722	-0.574	-0.304	-0.847	-0.186	-0.097	1	-1.000	0.569
C. term	-0.806	-0.578	-0.807	0.614	0.543	-0.467	0.849	-0.655	0.709	-0.610	0.497	0.000	-0.042	0.305	-0.294	0.868	0.571	-0.368	0.063	0.722	0.574	0.304	0.847	0.186	0.097	-1.000	1	-0.569
Nem	-0.003	-0.342	-0.025	0.029	0.318	-0.388	-0.917	0.815	-0.954	-0.305	-0.023	0.606	0.416	0.321	-0.018	-0.821	0.300	0.474	0.365	-0.050	-0.055	0.233	-0.365	0.380	0.363	0.569	-0.569	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0,05$

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

IV. Resultados de la estación E-09 en época seca en la matriz de Pearson.

Variables	T	c.e	Turb	OD	Nt	PO4	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	Al	As	Cd	Cu D	Cu S	Fe	Mn D	Mn S	Pb	Zn	Nem
T	1	-1.000	-1.000	1.000	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1.000	-1.000	-0.351	-0.168	1.000	-1.000	0.068	1.000	1.000	0.840	1.000	-1.000	0.596
c.e	-1.000	1	1.000	-1.000	-0.143	0.000	0.000	0.829	0.788	0.430	-0.386	0.948	1.000	-1.000	1.000	0.351	0.168	-1.000	1.000	-0.068	-1.000	-1.000	-0.840	-1.000	1.000	-0.596
Turb	-1.000	1.000	1	-1.000	-0.143	0.000	0.000	0.829	0.788	0.430	-0.386	0.948	1.000	-1.000	1.000	0.351	0.168	-1.000	1.000	-0.068	-1.000	-1.000	-0.840	-1.000	1.000	-0.596
OD	1.000	-1.000	-1.000	1	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1.000	-1.000	-0.351	-0.168	1.000	-1.000	0.068	1.000	1.000	0.840	1.000	-1.000	0.596
Nt	0.143	-0.143	-0.143	0.143	1	-0.990	-0.990	0.434	-0.722	0.832	0.968	0.178	-0.143	0.143	-0.143	0.877	-1.000	0.143	-0.143	0.997	0.143	0.143	0.657	0.143	-0.143	-0.710
PO4	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.990	1	1.000	-0.559	0.616	-0.903	-0.923	-0.317	0.000	0.000	0.000	-0.936	0.986	0.000	0.000	-0.998	0.000	0.000	-0.542	0.000	0.000	0.803
NO2	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.990	1.000	1	-0.559	0.616	-0.903	-0.923	-0.317	0.000	0.000	0.000	-0.936	0.986	0.000	0.000	-0.998	0.000	0.000	-0.542	0.000	0.000	0.803
NO3	-0.829	0.829	0.829	-0.829	0.434	-0.559	-0.559	1	0.310	0.861	0.196	0.964	0.829	-0.829	0.829	0.814	-0.411	-0.829	0.829	0.501	-0.829	-0.829	-0.394	-0.829	0.829	-0.943
Cl	-0.788	0.788	0.788	-0.788	-0.722	0.616	0.616	0.310	1	-0.216	-0.872	0.552	0.788	-0.788	0.788	-0.300	0.739	-0.788	0.788	-0.668	-0.788	-0.788	-0.996	-0.788	0.788	0.025
COT	-0.430	0.430	0.430	-0.430	0.832	-0.903	-0.903	0.861	-0.216	1	0.667	0.694	0.430	-0.430	0.430	0.996	-0.817	-0.430	0.430	0.871	-0.430	-0.430	0.128	-0.430	0.430	-0.981
DQO	0.386	-0.386	-0.386	0.386	0.968	-0.923	-0.923	0.196	-0.872	0.667	1	-0.073	-0.386	0.386	-0.386	0.728	-0.974	0.386	-0.386	0.947	0.386	0.386	0.824	0.386	-0.386	-0.511
DBO	-0.948	0.948	0.948	-0.948	0.178	-0.317	-0.317	0.964	0.552	0.694	-0.073	1	0.948	-0.948	0.948	0.630	-0.153	-0.948	0.948	0.252	-0.948	-0.948	-0.625	-0.948	0.948	-0.820
ST	-1.000	1.000	1.000	-1.000	-0.143	0.000	0.000	0.829	0.788	0.430	-0.386	0.948	1	-1.000	1.000	0.351	0.168	-1.000	1.000	-0.068	-1.000	-1.000	-0.840	-1.000	1.000	-0.596
STS	1.000	-1.000	-1.000	1.000	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1	-1.000	-0.351	-0.168	1.000	-1.000	0.068	1.000	1.000	0.840	1.000	-1.000	0.596
STD	-1.000	1.000	1.000	-1.000	-0.143	0.000	0.000	0.829	0.788	0.430	-0.386	0.948	1.000	-1.000	1	0.351	0.168	-1.000	1.000	-0.068	-1.000	-1.000	-0.840	-1.000	1.000	-0.596
Al	-0.351	0.351	0.351	-0.351	0.877	-0.936	-0.936	0.814	-0.300	0.996	0.728	0.630	0.351	-0.351	0.351	1	-0.864	-0.351	0.351	0.910	-0.351	-0.351	0.213	-0.351	0.351	-0.961
As	-0.168	0.168	0.168	-0.168	-1.000	0.986	0.986	-0.411	0.739	-0.817	-0.974	-0.153	0.168	-0.168	0.168	-0.864	1	-0.168	0.168	-0.995	-0.168	-0.168	-0.676	-0.168	0.168	0.691
Cd	1.000	-1.000	-1.000	1.000	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1.000	-1.000	-0.351	-0.168	1	-1.000	0.068	1.000	1.000	0.840	1.000	-1.000	0.596
Cu D	-1.000	1.000	1.000	-1.000	-0.143	0.000	0.000	0.829	0.788	0.430	-0.386	0.948	1.000	-1.000	1.000	0.351	0.168	-1.000	1	-0.068	-1.000	-1.000	-0.840	-1.000	1.000	-0.596
Cu S	0.068	-0.068	-0.068	0.068	0.997	-0.998	-0.998	0.501	-0.668	0.871	0.947	0.252	-0.068	0.068	-0.068	0.910	-0.995	0.068	-0.068	1	0.068	0.068	0.598	0.068	-0.068	-0.761
Fe	1.000	-1.000	-1.000	1.000	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1.000	-1.000	-0.351	-0.168	1.000	-1.000	0.068	1	1.000	0.840	1.000	-1.000	0.596
Mn D	1.000	-1.000	-1.000	1.000	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1.000	-1.000	-0.351	-0.168	1.000	-1.000	0.068	1.000	1	0.840	1.000	-1.000	0.596
Mn S	0.840	-0.840	-0.840	0.840	0.657	-0.542	-0.542	-0.394	-0.996	0.128	0.824	-0.625	-0.840	0.840	-0.840	0.213	-0.676	0.840	-0.840	0.598	0.840	0.840	1	0.840	-0.840	0.065
Pb	1.000	-1.000	-1.000	1.000	0.143	0.000	0.000	-0.829	-0.788	-0.430	0.386	-0.948	-1.000	1.000	-1.000	-0.351	-0.168	1.000	-1.000	0.068	1.000	1.000	0.840	1	-1.000	0.596
Zn	-1.000	1.000	1.000	-1.000	-0.143	0.000	0.000	0.829	0.788	0.430	-0.386	0.948	1.000	-1.000	1.000	0.351	0.168	-1.000	1.000	-0.068	-1.000	-1.000	-0.840	-1.000	1	-0.596
Nem	0.596	-0.596	-0.596	0.596	-0.710	0.803	0.803	-0.943	0.025	-0.981	-0.511	-0.820	-0.596	0.596	-0.596	-0.961	0.691	0.596	-0.596	-0.761	0.596	0.596	0.065	0.596	-0.596	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

V. Resultados de la estación E-10 en época húmeda en la matriz de Pearson.

Variables	Ph	T	c.e	Turb	OD	Nt	PO4	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	ST	STS	STD	Al	As	Cu D	Cu S	Fe	Mn D	Mn S	Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
Ph	1	0.744	0.843	-0.840	-0.997	0.820	0.948	-0.168	0.360	0.010	0.971	-0.506	-0.716	-0.776	-0.570	-0.405	-0.706	-0.810	-0.410	-0.905	-0.850	-0.348	-0.726	-0.518	0.961	0.994	-0.846
T	0.744	1	0.356	-0.785	-0.785	0.288	0.572	0.531	0.539	-0.604	0.705	-0.341	-0.860	-0.829	-0.688	0.308	-0.053	-0.859	0.263	-0.671	-0.742	0.363	-0.893	-0.951	0.560	0.717	-0.647
c.e	0.843	0.356	1	-0.782	-0.799	0.996	0.794	-0.511	-0.157	0.238	0.746	-0.146	-0.579	-0.679	-0.573	-0.687	-0.893	-0.682	-0.573	-0.914	-0.826	-0.634	-0.553	-0.136	0.957	0.888	-0.890
Turb	-0.840	-0.785	-0.782	1	0.831	-0.723	-0.627	-0.136	0.010	0.408	-0.694	-0.007	0.961	0.989	0.925	0.087	0.436	0.988	-0.022	0.966	0.997	0.017	0.951	0.698	-0.823	-0.876	0.976
OD	-0.997	-0.785	-0.799	0.831	1	-0.773	-0.943	0.108	-0.422	0.031	-0.977	0.539	0.724	0.776	0.563	0.348	0.658	0.813	0.368	0.884	0.836	0.292	0.739	0.566	-0.937	-0.985	0.822
Nt	0.820	0.288	0.996	-0.723	-0.773	1	0.798	-0.585	-0.159	0.325	0.736	-0.176	-0.504	-0.611	-0.499	-0.750	-0.929	-0.615	-0.643	-0.875	-0.772	-0.701	-0.477	-0.055	0.946	0.863	-0.846
PO4	0.948	0.572	0.794	-0.627	-0.943	0.798	1	-0.377	0.468	0.293	0.984	-0.704	-0.457	-0.535	-0.283	-0.584	-0.805	-0.581	-0.641	-0.754	-0.649	-0.543	-0.474	-0.291	0.922	0.924	-0.665
NO2	-0.168	0.531	-0.511	-0.136	0.108	-0.585	-0.377	1	0.266	-0.934	-0.209	0.211	-0.404	-0.282	-0.354	0.969	0.811	-0.279	0.931	0.119	-0.061	0.982	-0.433	-0.755	-0.377	-0.191	0.071
NO3	0.360	0.539	-0.157	0.010	-0.422	-0.159	0.468	0.266	1	-0.027	0.538	-0.884	-0.038	-0.007	0.239	0.164	0.055	-0.075	-0.083	0.033	0.048	0.162	-0.105	-0.426	0.128	0.259	0.132
Cl	0.010	-0.604	0.238	0.408	0.031	0.325	0.293	-0.934	-0.027	1	0.129	-0.402	0.642	0.541	0.647	-0.866	-0.643	0.523	-0.916	0.160	0.344	-0.899	0.653	0.819	0.163	-0.001	0.230
COT	0.971	0.705	0.746	-0.694	-0.977	0.736	0.984	-0.209	0.538	0.129	1	-0.697	-0.565	-0.624	-0.373	-0.434	-0.698	-0.671	-0.499	-0.778	-0.702	-0.388	-0.587	-0.452	0.905	0.942	-0.695
DQO	-0.506	-0.341	-0.146	-0.007	0.539	-0.176	-0.704	0.211	-0.884	-0.402	-0.697	1	-0.092	-0.063	-0.352	0.314	0.372	0.008	0.540	0.092	-0.009	0.318	-0.040	0.111	-0.372	-0.418	-0.051
ST	-0.716	-0.860	-0.579	0.961	0.724	-0.504	-0.457	-0.404	-0.038	0.642	-0.565	-0.092	1	0.992	0.960	-0.192	0.172	0.989	-0.289	0.858	0.938	-0.261	0.998	0.847	-0.648	-0.746	0.883
STS	-0.776	-0.829	-0.679	0.989	0.776	-0.611	-0.535	-0.282	-0.007	0.541	-0.624	-0.063	0.992	1	0.956	-0.064	0.296	0.997	-0.170	0.916	0.975	-0.134	0.985	0.783	-0.733	-0.810	0.936
STD	-0.570	-0.688	-0.573	0.925	0.563	-0.499	-0.283	-0.354	0.239	0.647	-0.373	-0.352	0.960	0.956	1	-0.180	0.142	0.933	-0.343	0.821	0.910	-0.247	0.940	0.719	-0.562	-0.627	0.876
Al	-0.405	0.308	-0.687	0.087	0.348	-0.750	-0.584	0.969	0.164	-0.866	-0.434	0.314	-0.192	-0.064	-0.180	1	0.929	-0.053	0.963	0.340	0.160	0.997	-0.217	-0.570	-0.591	-0.426	0.282
As	-0.706	-0.053	-0.893	0.436	0.658	-0.929	-0.805	0.811	0.055	-0.643	-0.698	0.372	0.172	0.296	0.142	0.929	1	0.312	0.881	0.653	0.498	0.902	0.152	-0.229	-0.847	-0.729	0.594
Cu D	-0.810	-0.859	-0.682	0.988	0.813	-0.615	-0.581	-0.279	-0.075	0.523	-0.671	0.008	0.989	0.997	0.933	-0.053	0.312	1	-0.143	0.920	0.973	-0.124	0.986	0.800	-0.755	-0.837	0.931
Cu S	-0.410	0.263	-0.573	-0.022	0.368	-0.643	-0.641	0.931	-0.083	-0.916	-0.499	0.540	-0.289	-0.170	-0.343	0.963	0.881	-0.143	1	0.232	0.042	0.969	-0.297	-0.548	-0.542	-0.402	0.147
Fe	-0.905	-0.671	-0.914	0.966	0.884	-0.875	-0.754	0.119	0.033	0.160	-0.778	0.092	0.858	0.916	0.821	0.340	0.653	0.920	0.232	1	0.982	0.273	0.843	0.519	-0.934	-0.943	0.992
Mn D	-0.850	-0.742	-0.826	0.997	0.836	-0.772	-0.649	-0.061	0.048	0.344	-0.702	-0.009	0.938	0.975	0.910	0.160	0.498	0.973	0.042	0.982	1	0.090	0.925	0.641	-0.853	-0.890	0.990
Mn S	-0.348	0.363	-0.634	0.017	0.292	-0.701	-0.543	0.982	0.162	-0.899	-0.388	0.318	-0.261	-0.134	-0.247	0.997	0.902	-0.124	0.969	0.273	0.090	1	-0.285	-0.621	-0.535	-0.366	0.213
Pb	-0.726	-0.893	-0.553	0.951	0.739	-0.477	-0.474	-0.433	-0.105	0.653	-0.587	-0.040	0.998	0.985	0.940	-0.217	0.152	0.986	-0.297	0.843	0.925	-0.285	1	0.877	-0.641	-0.749	0.863
Zn	-0.518	-0.951	-0.136	0.698	0.566	-0.055	-0.291	-0.755	-0.426	0.819	-0.452	0.111	0.847	0.783	0.719	-0.570	-0.229	0.800	-0.548	0.519	0.641	-0.621	0.877	1	-0.320	-0.499	0.526
C. tot	0.961	0.560	0.957	-0.823	-0.937	0.946	0.922	-0.377	0.128	0.163	0.905	-0.372	-0.648	-0.733	-0.562	-0.591	-0.847	-0.755	-0.542	-0.934	-0.853	-0.535	-0.641	-0.320	1	0.979	-0.886
C. term	0.994	0.717	0.888	-0.876	-0.985	0.863	0.924	-0.191	0.259	-0.001	0.942	-0.418	-0.746	-0.810	-0.627	-0.426	-0.729	-0.837	-0.402	-0.943	-0.890	-0.366	-0.749	-0.499	0.979	1	-0.894
Nem	-0.846	-0.647	-0.890	0.976	0.822	-0.846	-0.665	0.071	0.132	0.230	-0.695	-0.031	0.883	0.936	0.876	0.282	0.594	0.931	0.147	0.992	0.990	0.213	0.863	0.526	-0.886	-0.894	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

VI. Resultados de la estación E-10 en época seca en la matriz de Pearson.

Variables	Ph	T	c.e	Turb	OD	Nt	PO4	NO2	NO3	Cl	COT	DQO	DBO	ST	STD	As	Cu D	Cu S	Fe	Mn D	Mn S	Zn	C. tot	Nem
Ph	1	0.860	-0.981	-0.500	-0.519	-0.473	-0.922	-0.866	-0.247	0.713	0.007	0.952	-0.088	-0.927	-0.927	-0.721	0.866	-0.721	0.948	-0.820	0.844	1.000	1.000	-0.946
T	0.860	1	-0.746	0.011	-0.011	0.043	-0.991	-1.000	0.281	0.971	0.516	0.975	0.432	-0.606	-0.606	-0.267	0.490	-0.973	0.652	-0.997	0.453	0.850	0.860	-0.979
c.e	-0.981	-0.746	1	0.657	0.674	0.633	0.830	0.754	0.429	-0.565	0.185	-0.876	0.278	0.982	0.982	0.840	-0.946	0.574	-0.991	0.694	-0.931	-0.985	-0.981	0.866
Turb	-0.500	0.011	0.657	1	1.000	1.000	0.126	0.000	0.963	0.250	0.862	-0.212	0.907	0.789	0.789	0.961	-0.866	-0.240	-0.750	-0.086	-0.886	-0.517	-0.500	0.193
OD	-0.519	-0.011	0.674	1.000	1	0.999	0.148	0.022	0.957	0.229	0.851	-0.234	0.897	0.802	0.802	0.967	-0.877	-0.218	-0.765	-0.064	-0.897	-0.537	-0.519	0.215
Nt	-0.473	0.043	0.633	1.000	0.999	1	0.095	-0.031	0.971	0.281	0.878	-0.181	0.919	0.769	0.769	0.952	-0.850	-0.270	-0.729	-0.117	-0.871	-0.490	-0.473	0.162
PO4	-0.922	-0.991	0.830	0.126	0.148	0.095	1	0.992	-0.147	-0.929	-0.394	-0.996	-0.305	0.709	0.709	0.396	-0.605	0.933	-0.750	0.978	-0.571	-0.914	-0.922	0.998
NO2	-0.866	-1.000	0.754	0.000	0.022	-0.031	0.992	1	-0.270	-0.968	-0.506	-0.977	-0.422	0.615	0.615	0.277	-0.500	0.971	-0.661	0.996	-0.463	-0.856	-0.866	0.981
NO3	-0.247	0.281	0.429	0.963	0.957	0.971	-0.147	-0.270	1	0.503	0.967	0.060	0.987	0.593	0.593	0.850	-0.699	-0.493	-0.544	-0.352	-0.728	-0.267	-0.247	-0.079
Cl	0.713	0.971	-0.565	0.250	0.229	0.281	-0.929	-0.968	0.503	1	0.706	0.893	0.636	-0.398	-0.398	-0.028	0.267	-1.000	0.452	-0.986	0.226	0.699	0.713	-0.902
COT	0.007	0.516	0.185	0.862	0.851	0.878	-0.394	-0.506	0.967	0.706	1	0.313	0.995	0.368	0.368	0.688	-0.494	-0.699	-0.312	-0.579	-0.530	-0.013	0.007	-0.331
DQO	0.952	0.975	-0.876	-0.212	-0.234	-0.181	-0.996	-0.977	0.060	0.893	0.313	1	0.221	-0.768	-0.768	-0.474	0.672	-0.898	0.805	-0.955	0.640	0.946	0.952	-1.000
DBO	-0.088	0.432	0.278	0.907	0.897	0.919	-0.305	-0.422	0.987	0.636	0.995	0.221	1	0.455	0.455	0.754	-0.574	-0.627	-0.401	-0.499	-0.608	-0.108	-0.088	-0.239
ST	-0.927	-0.606	0.982	0.789	0.802	0.769	0.709	0.615	0.593	-0.398	0.368	-0.768	0.455	1	1.000	0.928	-0.990	0.408	-0.998	0.545	-0.984	-0.934	-0.927	0.755
STD	-0.927	-0.606	0.982	0.789	0.802	0.769	0.709	0.615	0.593	-0.398	0.368	-0.768	0.455	1.000	1	0.928	-0.990	0.408	-0.998	0.545	-0.984	-0.934	-0.927	0.755
As	-0.721	-0.267	0.840	0.961	0.967	0.952	0.396	0.277	0.850	-0.028	0.688	-0.474	0.754	0.928	0.928	1	-0.971	0.038	-0.904	0.193	-0.980	-0.734	-0.721	0.457
Cu D	0.866	0.490	-0.946	-0.866	-0.877	-0.850	-0.605	-0.500	-0.699	0.267	-0.494	0.672	-0.574	-0.990	-0.990	-0.971	1	-0.277	0.980	-0.423	0.999	0.876	0.866	-0.658
Cu S	-0.721	-0.973	0.574	-0.240	-0.218	-0.270	0.933	0.971	-0.493	-1.000	-0.699	-0.898	-0.627	0.408	0.408	0.038	-0.277	1	-0.461	0.988	-0.237	-0.706	-0.721	0.906
Fe	0.948	0.652	-0.991	-0.750	-0.765	-0.729	-0.750	-0.661	-0.544	0.452	-0.312	0.805	-0.401	-0.998	-0.998	-0.904	0.980	-0.461	1	-0.594	0.971	0.954	0.948	-0.793
Mn D	-0.820	-0.997	0.694	-0.086	-0.064	-0.117	0.978	0.996	-0.352	-0.986	-0.579	-0.955	-0.499	0.545	0.545	0.193	-0.423	0.988	-0.594	1	-0.385	-0.808	-0.820	0.961
Mn S	0.844	0.453	-0.931	-0.886	-0.897	-0.871	-0.571	-0.463	-0.728	0.226	-0.530	0.640	-0.608	-0.984	-0.984	-0.980	0.999	-0.237	0.971	-0.385	1	0.855	0.844	-0.625
Zn	1.000	0.830	-0.985	-0.517	-0.537	-0.490	-0.914	-0.856	-0.267	0.699	-0.013	0.946	-0.108	-0.934	-0.934	-0.734	0.876	-0.706	0.954	-0.808	0.855	1	1.000	-0.939
C. tot	1.000	0.860	-0.981	-0.500	-0.519	-0.473	-0.922	-0.866	-0.247	0.713	0.007	0.952	-0.088	-0.927	-0.927	-0.721	0.866	-0.721	0.948	-0.820	0.844	1.000	1	-0.946
Nem	-0.946	-0.979	0.866	0.193	0.215	0.162	0.998	0.981	-0.079	-0.902	-0.331	-1.000	-0.239	0.755	0.755	0.457	-0.638	0.906	-0.793	0.961	-0.625	-0.939	-0.946	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

FUENTE: Elaboración Propia (2014).

**ANEXO 7: VARIABILIDAD DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
POR ÉPOCA HÚMEDA Y SECA PARA CADA ESTACIÓN**

I. Variabilidad de la estación E-08 en época húmeda.

Análisis de Componentes Principales:			
Valores propios:			
	F1	F2	F3
Valor propio	15.063	10.796	6.141
Variabilidad (%)	47.073	33.737	19.190
% acumulado	47.073	80.810	100.000

II. Variabilidad de la estación E-08 en época seca.

Análisis de Componentes Principales:		
Valores propios:		
	F1	F2
Valor propio	22.075	8.925
Variabilidad (%)	71.210	28.790
% acumulado	71.210	100.000

III. Variabilidad de la estación E-09 en época húmeda.

Análisis de Componentes Principales:			
Valores propios:			
	F1	F2	F3
Valor propio	14.778	8.932	4.290
Variabilidad (%)	52.778	31.902	15.320
% acumulado	52.778	84.680	100.000

IV. Variabilidad de la estación E-09 en época seca.

Análisis de Componentes Principales:		
Valores propios:		
	F1	F2
Valor propio	16.792	9.208
Variabilidad (%)	64.583	35.417
% acumulado	64.583	100.000

V. Variabilidad de la estación E-10 en época húmeda.

Análisis de Componentes Principales:			
Valores propios:			
	F1	F2	F3
Valor propio	15.706	8.179	3.115
Variabilidad (%)	58.171	30.291	11.538
% acumulado	58.171	88.462	100.000

VI. Variabilidad de la estación E-10 en época seca.

Análisis de Componentes Principales:		
Valores propios:		
	F1	F2
Valor propio	15.341	8.659
Variabilidad (%)	63.922	36.078
% acumulado	63.922	100.000