



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**

**Evaluación de parámetros fisicoquímicos en la calidad del  
agua de la Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca en  
Huamachuco**

**Tesis**

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

**Autor**

**Alex Enrique Santome Ortiz**

**Asesor**

**Mg. Sc. Eroncio Mendoza Nieto**

**Huacho – Perú**

**2023**

# EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA COIGOBAMBA Y RÍO SHIRACMACA EN HUAMACHUCO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>20%</b>	<b>18%</b>	<b>5%</b>	<b>9%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b>	<b>1%</b>
	Trabajo del estudiante	
<b>2</b>	<b>Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú</b>	<b>1%</b>
	Trabajo del estudiante	
<b>3</b>	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de Huancavelica</b>	<b>1%</b>
	Trabajo del estudiante	
<b>5</b>	<b>www.sinia.cl</b>	<b>&lt;1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>6</b>	<b>repositorio.udl.edu.pe</b>	<b>&lt;1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>7</b>	<b>vsip.info</b>	<b>&lt;1%</b>
	Fuente de Internet	

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA  
CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA COIGOBAMBA Y  
RÍO SHIRACMACA EN HUAMACHUCO”**

**Jurado evaluador:**

Ing. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO

**Presidente**

Ing. JESUS GUSTAVO BARRETO MEZA

**Secretario**

Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE

**Vocal**

Mg. Sc. ERONCIO MENDOZA NIETO

**Asesor**

**HUACHO – PERÚ**

**2023**

*Universidad Nacional*  
**José Faustino Sánchez Carrión**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS y AMBIENTAL**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

En la ciudad de Huacho, el día 03 de enero del 2019, siendo las 11:15 en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

<b>PRESIDENTE:</b>	<b>Mo. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO</b>	<b>DNI N° 26620605</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. JESUS GUSTAVO BARRETO MEZA</b>	<b>DNI N° 15589980</b>
<b>VOCAL:</b>	<b>Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE</b>	<b>DNI N° 15859960</b>
<b>ASESOR:</b>	<b>Mg.Sc. ERONCIO MENDOZA NIETO</b>	<b>DNI N° 06723932</b>

El postulante al Título Profesional de Ingeniero Ambiental, don: **ALEX ENRIQUE SANTOME ORTIZ**, identificado con DNI N°76624483, procedió a la Sustentación de la Tesis titulada: **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA COIGOBAMBA Y RÍO SHIRACMACA EN HUAMACHUCO**, autorizado mediante Resolución de Decanato N°001-2019-FIAIAyA de fecha 02/01/19, de conformidad con las disposiciones vigentes, SI absolvió las interrogantes que le formularon los miembros del Jurado.

Concluida la sustentación de Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando el candidato APROBADO por UNANIMIDAD con la nota de :

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NÚMERO	LETRAS		
<u>18</u>	<u>Dieciocho</u>	<u>Excelente</u>	<u>Aprobado</u>

Siendo las 12:15 del día 03 de enero, se dio por concluido el acto de Sustentación, firmando los presentes el libro de Actas de Sustentación de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental correspondiéndole el folio N°. 56 del Libro de Actas.

  
**Mo. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO**  
**PRÉSIDENTE**

  
**Ing. JESUS GUSTAVO BARRETO MEZA**  
**SECRETARIO**

  
**Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE**  
**VOCAL**

  
**Mg.Sc. ERONCIO MENDOZA NIETO**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis:

A mis padres, por ser quienes me dieron la vida y me brindan el apoyo incondicional, moral, buenos sentimientos, hábitos, valores y el apoyo incansable en mi formación profesional y personal, a mi hermana y sobrina que me brindan el aliento para alcanzar y superar mis objetivos.

A mis profesores y amigos, quienes me brindaron su apoyo y amistad durante los cinco años de la etapa universitaria, haciendo de esta una de las más importantes de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco:

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por darme la oportunidad, así como brindarme los conocimientos para lograr culminar esta etapa.

A mi asesor de Tesis, Mg. Sc. Eroncio Mendoza Nieto, por el apoyo, quien con su experiencia y conocimiento permitieron en brindarme los mejores consejos para lograr terminar la presente tesis con éxito, de la misma manera agradezco a la Consultora Ambiental Ecofluidos Ingenieros S.A. por brindarme la oportunidad en conformar el equipo de profesionales que ejecuto el monitoreo ambiental a la empresa minera, finalmente mi agradecimiento a cada miembro del jurado evaluador por estar prestos y brindarme los alcances necesarios durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Delimitación del estudio.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	7
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1. Descripción general de la Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca.....	10
2.2.2. Características físicas, biológicas y sociales del área de estudio.....	10
2.2.2.1. Ambiente físico.....	10
2.2.2.2. Recurso biológico.....	14
2.2.2.3. Economía.....	15
2.2.2.4. Población y servicios públicos.....	16
2.2.3. El agua y calidad del agua.....	17
2.2.4. Calidad del agua y su aptitud para las actividades de riego.....	18

	Pág.
2.2.5. Parámetros de calidad del agua .....	19
2.2.5.1. Parámetros físicos.....	19
2.2.5.2. Parámetros químicos – inorgánicos.....	20
2.2.6. Factores influyentes de la situación actual de la Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca. ....	26
2.2.7. La minería artesanal e informal en el Perú.....	28
2.2.8. Impacto medioambiental de la minería .....	31
2.2.9. Contaminación del agua por la actividad minera .....	32
2.2.10. Normativa ambiental peruana e internacional.....	34
2.3 Definiciones conceptuales.....	38
2.4 Hipótesis de investigación.....	40
2.4.1 Hipótesis general .....	40
2.4.2 Hipótesis específicas .....	40
2.5 Operacionalización de las variables .....	41
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>42</b>
3.1. Diseño metodológico .....	42
3.1.1 Tipo de investigación .....	42
3.1.2 Metodología .....	42
3.1.3 Diseño de estudio .....	42
3.2. Población y muestra .....	43
3.2.1. Ubicación del área de estudio.....	43
3.2.2. Área, sector y programa .....	44
3.2.3. Población.....	44
3.2.4. Muestra.....	44
3.3. Técnicas de recolección de datos .....	44
3.3.1 Puntos de muestreos .....	44
3.3.2 Materiales .....	49
3.3.3 Descripción de los instrumentos .....	49
3.3.4 Técnica empleada para la recolección de muestras del agua .....	50
3.3.4.1. Protocolo de monitoreo de los recursos hídricos superficiales .....	50
3.3.4.2. Monitoreo de calidad de agua .....	50
3.3.4.3. Selección de parámetros.....	50
3.3.4.4. Toma de muestra. ....	51
3.3.4.5. Medición de parámetros de campo .....	51

	Pág.
3.3.4.6. Preservación de muestras de agua.....	51
3.3.4.7. Conservación y envío de las muestras .....	53
3.3.4.8. Análisis de muestras.....	53
3.4. Técnica para el procesamiento de información.....	53
3.4.1 Análisis y diseño estadístico .....	53
3.4.2 Análisis de varianza .....	54
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	56
4.1. Parámetros físicos .....	56
4.1.1. Temperatura .....	56
4.1.1.1. Análisis de varianza para la temperatura .....	56
4.1.2. Conductividad eléctrica.....	58
4.1.2.1. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica. ....	59
4.2. Parámetros químicos - inorgánicos .....	61
4.2.1. Potencial de hidrogeno (pH) .....	61
4.2.1.1. Análisis de varianza para el potencial de hidrogeno.....	61
4.2.2. Aluminio (Al).....	62
4.2.2.1. Análisis de varianza para aluminio .....	63
4.2.3. Arsénico (As) .....	64
4.2.3.1. Análisis de varianza para arsénico (As).....	64
4.2.4. Boro (B).....	65
4.2.4.1. Análisis de varianza para boro .....	66
4.2.5. Cadmio (Cd).....	68
4.2.5.1. Análisis de varianza para cadmio.....	68
4.2.6. Cobre (Cu).....	69
4.2.6.1. Análisis de varianza para cobre.....	69
4.2.7. Cromo (Cr) .....	71
4.2.7.1. Análisis de varianza para cromo .....	71
4.2.8. Hierro (Fe).....	72
4.2.8.1. Análisis de varianza para hierro.....	72
4.2.9. Manganeso (Mn) .....	74
4.2.9.1. Análisis de varianza para manganeso .....	74
4.2.10. Mercurio (Hg) .....	75
4.2.10.1. Análisis de varianza para mercurio .....	75
4.2.11. Plomo (Pb).....	77

	Pág.
4.2.11.1. Análisis de varianza para Plomo .....	77
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	79
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
6.1 Conclusiones .....	88
6.2 Recomendaciones.....	89
CAPÍTULO VII: REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	90
<u>ANEXOS</u>	

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos de la estación meteorológica Huamachuco .....	11
Tabla 2. Productos cultivados en la zona de Huamachuco y Shiracmaca .....	16
Tabla 3. Población y servicios públicos en el área de estudio .....	16
Tabla 4. Estándares y límites máximos de parámetros fisicoquímicos .....	19
Tabla 5. Estándares y límites máximos de parámetros químicos-inorgánicos .....	21
Tabla 6. Estratificación de la minería peruana .....	29
Tabla 7. Identificación de las minerías formales e informales en el área de estudio....	30
Tabla 8. Estándar de calidad ambiental para agua – Categoría 3: Riego de vegetales .	36
Tabla 9. Estándar de calidad ambiental para agua – Categoría 3: Riego de vegetales .	36
Tabla 10. Estándar de calidad ambiental para agua – Categoría 3: Riego de vegetales .	37
Tabla 11. Calidad de Agua para irrigaciones – EPA-FAO.....	37
Tabla 12. Tabla de Operacionalización de las variables.....	41
Tabla 13. Coordenadas de los puntos de muestreo .....	47
Tabla 14. Conservación y preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado .....	52
Tabla 15. Especificaciones de ensayo de metales totales – Parámetros químicos inorgánicos .....	53
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA).....	55
Tabla 17. ANOVA para el valor de temperatura del agua.....	56
Tabla 18. Agrupación por el método de Tukey – Temperatura/PuntoM.....	57
Tabla 19. Agrupación por el método de Tukey – Temperatura/Bloque .....	58
Tabla 20. ANOVA para la Conductividad Eléctrica .....	59
Tabla 21. Agrupación por el método de Tukey – C.E./PuntoM.....	59
Tabla 22. Agrupación por el método de Tukey – C.E./Bloque .....	60
Tabla 23. ANOVA para el potencial de hidrogeno (pH).....	61
Tabla 24. Agrupación por el método de Tukey - pH/PuntoM.....	62
Tabla 25. ANOVA para la concentración de Aluminio (Al).....	63
Tabla 26. Agrupación por el método de Tukey - Al/PuntoM.....	63
Tabla 27. ANOVA para la concentración de Arsénico (As) .....	64
Tabla 28. Agrupación por el método de Tukey – Arsénico/PuntoM.....	65

	Pág.
Tabla 29. ANOVA para la concentración de Boro (B).....	66
Tabla 30. Agrupación por el método de Tukey – Boro/PuntoM .....	66
Tabla 31. Agrupación por el método de Tukey – Boro/Bloque.....	67
Tabla 32. ANOVA para la concentración de cadmio (Cd).....	68
Tabla 33. Agrupación por el método de Tukey – Cadmio/PuntoM.....	68
Tabla 34. ANOVA para la concentración de cobre (Cu).....	70
Tabla 35. Agrupación por el método de Tukey – Cobre/PuntoM .....	70
Tabla 36. ANOVA para la concentración de Cromo total (Cr) .....	71
Tabla 37. Agrupación por el método de Tukey – Cromo (t)/PuntoM .....	72
Tabla 38. ANOVA para la concentración de hierro (Fe).....	73
Tabla 39. Agrupación por el método de Tukey – Hierro/PuntoM.....	73
Tabla 40. ANOVA para la concentración de manganeso (Mn).....	74
Tabla 41. Agrupación por el método de Tukey – Manganeso/PuntoM.....	75
Tabla 42. ANOVA para la concentración de Mercurio (Hg) .....	76
Tabla 43. Agrupación por el método de Tukey – Mercurio/PuntoM .....	76
Tabla 44. ANOVA para la concentración de Plomo (Pb).....	77
Tabla 45. Agrupación por método de Tukey – Plomo/PuntoM.....	78
Tabla 46. Matriz de Consistencia .....	99
Tabla 47. Resultado de la temperatura (°C) de calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	100
Tabla 48. Resultado de conductividad eléctrica (µS/cm) de calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	100
Tabla 49. Resultado de potencial de hidrogeno de calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	101
Tabla 50. Concentración de Aluminio total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	101
Tabla 51. Concentración de Arsénico total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	102
Tabla 52. Concentración de Boro total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	102
Tabla 53. Concentración de Cadmio total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	103
Tabla 54. Concentración de Cobre total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	103

	Pág.
Tabla 55. Concentración de Cromo total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	104
Tabla 56. Concentración de Hierro total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	104
Tabla 57. Concentración de Manganeso total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	105
Tabla 58. Concentración de Mercurio total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	105
Tabla 59. Concentración de Plomo total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca .....	106
Tabla 60. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros físicos y químicos .....	107
Tabla 61. Resumen de prueba de Tukey de los parámetros físicos y químicos entre puntos de muestreo (espacial) .....	108
Tabla 62. Resumen de prueba de Tukey de los parámetros físicos y químicos entre meses de muestreo (Bloque) .....	109

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Variación mensual de precipitación durante enero a junio del 2018. ....	12
Figura 2. Variación mensual de la temperatura durante enero y junio del 2018.....	12
Figura 4. Tendencias de temperatura ambiental durante enero a noviembre de 2017. 13	
Figura 3. Tendencias de temperatura ambiental durante enero a noviembre de 2017. 13	
Figura 5. Familias botánicas identificadas en el área de estudio.....	15
Figura 6. Clasificación de la minera peruana. ....	29
Figura 7. Características generales del área de estudio, Elaboración: Propia. ....	48
Figura 8. Variación de la temperatura del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	57
Figura 9. Variación de la temperatura del agua superficial en los meses de muestro de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	58
Figura 10. Variación de la conductividad eléctrica del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	60
Figura 11. Variación de la conductividad eléctrica del agua superficial en los meses de muestro de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	60
Figura 12. Variación del potencial de hidrogeno del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	62
Figura 13. Variación de la concentración de aluminio total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	64
Figura 14. Variación de la concentración de arsénico total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	65
Figura 15. Variación de la concentración de boro total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	67
Figura 16. Variación de la concentración de boro total del agua superficial en los meses de muestro de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	67
Figura 17. Variación de la concentración de cadmio total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	69
Figura 18. Variación de la concentración de cobre total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	70
Figura 19. Variación de la concentración de cromo total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	72

	Pág.
Figura 20. Variación de la concentración de hierro total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	73
Figura 21. Variación de la concentración de manganeso total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	75
Figura 22. Variación de la concentración de mercurio total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	77
Figura 23. Variación de la concentración de plomo total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. ....	78
Figura 24. Recolección de muestras en el Punto E-1. ....	110
Figura 25. Recolección de muestras en el Punto E-2. ....	110
Figura 26. Punto de muestreo E-3, vista de bocatoma.....	111
Figura 27. Punto de muestreo E-4, llenados y preservación de muestras.....	111
Figura 28. Punto de muestreo E-5. ....	112
Figura 29. Punto de muestreo E-6. ....	112
Figura 30. Punto de muestreo E-7. ....	113
Figura 31. Punto de muestreo E-8, durante periodo de lluvias.....	113
Figura 32. Recolección de muestra en el punto E-9. ....	114
Figura 33. Punto E-9 de muestreo. ....	114
Figura 34. Muestreo y preservación de las muestras de aguas. ....	115
Figura 35. Uso de transporte vehicular para el recorrido de los puntos de muestreo..	115
Figura 36. Zonas de explotación minera en época de lluvias con presencias de escorrentías. ....	116
Figura 37. Efluentes de minería informal presentes en el área de estudio.....	116
Figura 39. Cerro El toro, presencia de la minería formal e informal. (fotografía Corcuera 2015).....	117
Figura 38. Pozas de Cianuración de la minería artesanal e informal. (fotografía Corcuera 2015).....	117

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ANA	Autoridad Nacional de Agua, Perú
ANOVA	Analysis of Variance (análisis de varianza)
BN	Botadero Norte
C.E.	Conductividad Eléctrica
C.M.	Medias de Cuadrados
Cas.	Caserío
CCPP	Centro Poblado
D.L.	Decreto Legislativo
D.S.	Decreto Supremo
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency, USA (Agencia de Protección Ambiental)
EPP	Equipos de Protección Personal
FAO	Food and Agriculture Organization, USA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
G.L.	Grado de Libertad
GPS	Global Positioning System (sistema global de posicionamiento)
ha	Hectáreas
INACAL	Instituto Nacional de Calidad, Perú
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú
INGEMMET	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Perú
kg	Kilogramos

km	Kilómetros
LM	Límite Máximo
LMP	Límite Máximo Permisible
MANOVA	Multivariate Analysis of Variance (análisis multivariado de la varianza)
MINAM	Ministerio del Ambiente, Perú
ml	Mililitros
MMC	Millones de Metros Cúbicos
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Perú
pH	Potencial de Hidrogeno
S.C.	Suma de Cuadrados
s.f.	Sin Fecha
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero, Chile
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Perú
TM	Toneladas Métricas
TMD	Toneladas Métricas Diarias

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar que parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca en Huamachuco. **Método:** Se muestreó las aguas superficiales de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca distribuidos en nueve puntos por seis meses, los resultados de cada parámetro fueron procesados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) con el diseño de bloque al azar, teniendo como bloque a los meses de muestreo, los parámetros que presentaron diferencia significativa fueron comparadas mediante la prueba de Tukey, finalmente se contrastaron con el ECA para riego de vegetales y con los límites máximos (LM) para irrigaciones propuestas por la EPA. **Resultados:** mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre puntos, los parámetros físicos de T, C.E. y todos los parámetros químicos e inorgánicos, salvo el B. En el caso del bloque (tiempo de muestreo) los parámetros T, CE y B presentaron diferencias significativas, según la prueba de Tukey el punto E-9 presentó la mayor cantidad de parámetros no asociados. **Conclusiones:** El punto E-9 presentó el menor valor de pH y las mayores concentraciones de Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg y Pb, las mismas que superaron el ECA, en el caso del LM, los mismos parámetros no cumplieron con la misma, excepto el Pb, el punto E-4 presentó concentraciones de As, Fe, Mn y Hg por encima del ECA de referencia y las concentraciones de As, Fe y Mn no cumplen con el LM, los puntos E-3, E-5, E-6 y E-8 presentaron concentraciones de Mn que superan el ECA y el LM.

**Palabras clave:** Calidad de agua, minería, parámetros, riego de cultivos.

## ABSTRACT

**Objective:** Determine which physicochemical parameters under study exceed the environmental quality standard for irrigation water of vegetables during the period from January to June 2018 in the Coigobamba stream and Shiracmaca river in Huamachuco. **Method:** The surface waters of the Coigobamba stream and the Shiracmaca river were monitored, distributed in nine points for six months, the results of each parameter were statistically processed by the analysis of variance (ANOVA) with the random block design, taking the sampling months as a block. The parameters that presented a significant difference were compared using the Tukey test, and finally they were compared with the ECA for vegetable irrigation and with the maximum limits (LM) for irrigations proposed by the EPA. **Results:** The physical parameters of T, C.E. and all the chemical and inorganic parameters showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) between points, except for B. In the case of the block (sampling time) the parameters T, CE and B presented significant differences, according to the Tukey test the point E-9 presented the highest number of non-associated parameters. **Conclusions:** The Point E-9 presented the lowest pH value and the highest concentrations of Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg and Pb, which exceeded the ECA. In the case of LM, the same parameters did not comply with the above except Pb. The point E-4 presented concentrations of As, Fe, Mn and Hg above the reference ECA, and the concentration of As, Fe and Mn do not comply with the LM. The points E-3, E-5, E-6 and E 8 presented concentrations of Mn that surpass the ECA and the LM.

**Key words:** Water quality, mining, parameters, crop irrigation.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas superficiales es un problema a escala mundial, debido a las actividades productivas y económicas. En los últimos años en el Perú se ha puesto en marcha diferentes proyectos mineros, cierto número de estas empresas, por la falta de implementación de un sistema de tratamientos o por malos manejos en sus operaciones han generado que los suelos y las aguas superficiales cercanas al área de explotación sean contaminadas por relaves, ya que se sabe que los ríos, lagos y el mar son los receptores finales de las evacuaciones residuales provocadas por el hombre.

La quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca ubicado en el distrito de Huamachuco departamento de La Libertad, rodea al famoso cerro El Toro donde se encuentran asentadas unidades mineras formales, informales y artesanales las cuales generan posibles alteraciones a la calidad del aire, calidad del suelo y principalmente hacia la calidad del agua, fuente principal para el riego de cultivos de los diferentes campos agrícolas ubicados aguas debajo de la zona minería.

Ante esta realidad, el presente trabajo pretende evaluar las características de los parámetros fisicoquímicos de la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca las cuales son afectadas por las actividades extractivas. Tomando como referencia nacional los estándares de calidad ambiental para agua de riego de vegetales establecido mediante el D.S. N° 004-2017-MINAM, y los límites máximos para agua de irrigaciones propuesto por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) la cual sigue los lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Para el desarrollo de la tesis se realizó la evaluación de campo, posteriormente se llevó a cabo el muestreo de los diferentes puntos tanto en la quebrada Coigobamba como en el río Shiracmaca por un periodo de seis meses, las muestras fueron transportadas al laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C. para su análisis correspondiente. Finalmente, los resultados obtenidos fueron procesados mediante pruebas estadísticas de análisis de varianza y pruebas de Tukey.

## **CAPÍTULO I: PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Las Quebrada Coigobamba y el Río Shiracmaca ubicada en el distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, delimitado dentro del espacio hidrográfico de la cuenca Crisnejas y sub cuenca Condebamba Bajo Lanla, tiene con nacimiento los procesos de filtración debido a las condiciones hidrometeorológicas presente en la cabecera de cuenca. Las aguas de la quebrada Coigobamba atraviesan los centros poblados menores de Coigobamba Alto, Coigobamba Bajo, Cumunbamba y Santa Cruz, en el caso del río Shiracmaca surca los centros poblados de Paranshique, Quinta Alta, Centro Poblado El Toro, Colpilla y el centro poblado mayor de Shiracmaca. En donde los pobladores utilizan estas aguas para riego de cultivos, así como de abejas de animales.

A la fecha la Quebrada Coigobamba y el Río Shiracmaca rodean a la famosa zona llamada Cerro el toro en donde se puede identificar que en el curso medio y baja de la quebrada existen concesiones mineras con Estudios de Impacto Ambiental (EIA) aprobados, asimismo hay presencia de mineras artesanales e informales (bocaminas). Dentro del área de estudio se encuentra el cerro el Toro el cual cuenta con un alto porcentaje de minerales oxidados, así como de mineral con sulfuros de cobre, las actividades minería en esta zona iniciaron en los años 1990 con extracciones de alta ley, en el año 2002 en adelante se fue incrementando el número de mineros artesanales, esto conllevó a la presencia y al crecimiento desordenados de la minería informal, actualmente, el ineficiente control y la falta de incentivo a la formalización por parte de las autoridades maximiza la problemática ambiental y social en el área de influencia de las actividades extractivas.

Los resultados de los impactos ocasionados por las actividades de la minería informal cercanas a la quebrada Coigobamba y al Río Shiracmaca generan posibles alteraciones a la calidad del aire, calidad del suelo, calidad del agua, hacia la diversidad de la flora, fauna, salud poblacional y actividades económicas. Ante esta realidad, es necesario determinar los niveles de contaminación actual de las aguas superficiales de la Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca que son afectadas por las actividades extractivas, generando alteraciones a la calidad del agua superficiales repercutiendo al suelo y hacia los cultivos presentes en la zona.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál de los parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Qué parámetros fisicoquímicos en estudio superan el límite máximo de la normativa internacional de calidad de agua para irrigaciones, durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca?
- ¿Los parámetros fisicoquímicos en estudio presentan variabilidad entre puntos de muestreo en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca durante enero a junio del 2018?
- ¿Los parámetros fisicoquímicos en estudio presenta variabilidad entre los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar que parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar que parámetros fisicoquímicos en estudio superan el límite máximo de la normativa internacional, calidad de agua para irrigaciones, durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.
- Determinar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos entre los puntos de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca durante enero a junio del 2018.
- Determinar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en estudio entre los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

#### **1.4 Justificación de la investigación**

De acuerdo a las investigaciones y estudios de la academia nacional e internacional, como también de las organizaciones, entidades privadas y estatales a nivel regional y global, todas ellas llegan a una conclusión estandarizadas, donde se da entender que el agua, técnicamente llamado recurso hídrico, es el elemento más importante para la vida en nuestro planeta, pero a la vez aflora la interrogante; ¿Qué estamos realizando como sociedad para preservar y mejorar la calidad de las aguas en nuestro espacio de vida?, a ello se debe tener en cuenta que todas las actividades que realiza el hombre para satisfacer sus necesidades, contribuyen y generan un impacto negativo hacia el recurso en mención.

Si mencionamos a las actividades cotidianas de las sociedades, actividades agrícolas, agropecuarias, manufactureras, construcción, tecnológicas, productivas, procesos, extractivas y otras muchas, necesitan agua, por lo general estas actividades generan residuos, los cuales son reutilizados y reciclados, a la vez estas industrias generan residuos líquidos o llamados efluentes, de los cuales, aquellas industrias formales tratan estos efluentes utilizándolos para otras actividades o recirculándolos al proceso.

Por lo mencionado anteriormente, la minería es una de las actividades que necesita grandes volúmenes de agua para los diferentes procesos que realiza, por lo que a su vez generan efluentes, la minería formal independientemente del tamaño de esta, tiene obligación de acuerdo a su estudio de impacto ambiental (EIA) de cumplir con los estándares de calidad ambiental, lo que conlleva a la conservación de los cuerpos de aguas natural dentro del área de influencia de proyecto.

El área de estudio del presente trabajo; conocido como Cerro El Toro, zona donde hay presencia de minería formal e informal de diferentes escalas (grande, media y pequeña), se encuentra rodeadas por cuerpos naturales de aguas como lo son; la Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca, por la revisión de la literatura académica de las fuentes que anteceden a esta investigación se puede corroborar que existen presencia de la afectación directa a la calidad de las aguas de los cuerpos de aguas naturales, debido principalmente a las actividades mineras informales, además a ellos se debe mencionar que estas aguas naturales son aprovechados por los habitantes de las comunidades, centros poblados y caseríos, quienes los usan

principalmente para las actividades primarias como la agricultura y ganadería, pudiendo causar daños significativo a estas actividades y afectando directamente la calidad de vida de la población.

En justificación del presente trabajo de investigación; el cual tiene como objetivo de determinar que parámetros fisicoquímicos superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca, los datos recabados contribuirán en la generación de información académica para futuros estudios y en la posible generación de un adecuado manejo y gestión de las autoridades competentes en materia ambiental.

## **1.5 Delimitación del estudio**

Se detalla las delimitaciones de la investigación:

### **1.5.1 Delimitación espacial**

El presente trabajo de investigación tuvo lugar en el distrito de Huamachuco provincia de Sánchez Carrión departamento de la libertad. Las zonas de estudio y obtención de datos fueron la Quebrada Coigobamba y río Shiracmaca pertenecientes a la cabecera de la red hídrica de la cuenca Crisnejas.

### **1.5.2 Delimitación temporal**

La presente investigación se realizó en los meses de enero a junio del 2018.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

En relación con la presente investigación se estudiaron diferentes investigaciones, de las cuales unas son vinculadas a la calidad del agua superficial y otras en referencia a la contaminación del agua superficial por parte de los efluentes industriales mineros, así como de las investigaciones referentes a las afectaciones hacia la agricultura.

#### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Flores (1997) en el estudio de calidad de las aguas del río San Juan en el estado de Nueva León, tuvo como fin evaluar los parámetros físico, químicos y metales pesados en relación a las variaciones espaciales y temporales, dichos parámetros fueron comparadas con los estándares nacionales e internacionales de calidad de agua, obteniéndose; altas concentraciones de aluminio, bario, cromo, hierro, cadmio y entre otros como Coliformes, sulfatos y detergentes, mediante los análisis estadísticos propuestos por el autor se encontraron diferencias significativas entre las estaciones y fechas de muestreo, finalmente concluye que la contaminación del río San Juan no es producto solo de la actividad urbana e industrial sino de las actividades antropogénica de toda la cuenca.

Por su parte Rubio et al. (2017) en el estudio de calidad de aguas en términos físico-químico-metales en tres sitios contrastantes del río Conchos en Chihuahua, México. Redacta que las aguas de este río abastecen a miles de habitantes del estado de Chihuahua, que por medios de la construcción de represas y grandes presas de almacenamiento son aprovechadas para la generación de energía y para el uso en el riego de los diferentes campos de cultivos. Para determinar la calidad de estas aguas, se realizaron tres muestreos durante el mes de marzo del 2010. Río Conchos (VZ), Presa La Boquilla (PB) y Comunidad San Francisco de Conchos (SFC) fueron los puntos seleccionados para la recolección de muestras, siendo un total de 80 muestras. Luego de los análisis químicos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias entre los tres puntos de muestreo, cuanto se encontraron diferencias estadísticas entre sitios se utilizó la herramienta estadística de prueba de Tukey. Finalmente, los autores concluyen que existen diferencias estadísticas significativas para la calidad del agua en las tres localidades respecto a

las variables de T, CE y SDT; así como en la concentración de metales Al, B, Ca, Cr y Mg.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

En el estudio de la contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura, Juárez (2006) señala que en la zona baja y media de la cuenca soporta actividades de minería las cuales pueden provocar riesgos de contaminación por metales pesados, pudiendo causar alteraciones a la calidad del agua para riego. Realizado el muestreo e identificación de la calidad de las aguas se pudo constatar que ninguno de los parámetros evaluados supera el Límite Máximo Permisible de As, Cd y Pb sugerido para el regadío de hortalizas, pero se pudo verificar que tres de los ocho años evaluados para As y siete de los ocho años para Pb han afectado a la producción de hortalizas en la cuenca baja ya que presentan concentraciones altas con respecto a los otros metales evaluados, por último se identificó que los años de mayor concentración de Pb y As fueron en el 2000 y 2002.

Por su parte Alvites (2008) en el estudio de la “Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo en las aguas del río Huaura y Plan de manejo ambiental”, tuvo como objetivo; conocer los niveles de contaminación de las aguas por los metales pesados mencionados, siendo contrastados y comparados con los límites máximos permisibles (LMP) y ver su posible utilización como aguas de clase I y III, mencionado estudio se desarrolló en los meses de julio, agosto y setiembre del 2007. Consistió en la toma de muestra en dos puntos; la primera (A) de ella ubicada en la parte alta de la cuenca Huaura y la segunda (B) en la parte baja de la misma, se pudo constatar que los niveles de As, Cd, Cr, Hg y Pb no superan las normas de referencia, así mismo el autor menciona que es necesario tomar medidas al respecto, ya que estos metales pesados se acumulan cuando llegan a los campos de cultivos pudiendo ser absorbidos por las plantas y bioacumuladas por estas, presentado un peligro para su consumo.

En el estudio realizado por Calla (2010) titulado “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac – Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”, la misma se desarrolló en serie de tiempo de diez años tomando como patrones de análisis a los parámetros físico y químicos (iones metálicos), los cuales fueron contrastadas

con los estándares de la Organización Mundial de la Salud, los estándares de Canadá para agua de irrigaciones, la ley General de Aguas y Los Estándares Nacionales del Aguas (ECAs) para la categoría III, se obtuvo que la concentración de Cadmio, Plomo, Manganeso, Arsénico y Fierro fueron los elementos que superaron los estándares de calidad del agua, el autor menciona que estas concentraciones se deben a los efluentes de la compañía Minería San Juan S.A., por ser la que mayor capacidad de producción presentan, finalmente propone una propuesta técnica económica para mejorar la tecnología en el tratamientos de los efluentes mineros.

Vega (2012) señala que la extracción de oro de forma artesanal usando agentes lixiviantes produce la disolución de metales pesados que por infiltración subterránea y/o por ser vertidos directamente a los cuerpos de agua superficial generar un impacto ambiental y social. Para evaluar el grado de contaminación de Pb, Cu, Hg, As y Fe presentes en las aguas del río el Toro de la provincia de Sánchez Carrión departamento de La Libertad, el autor consideró cuatro puntos de muestreo durante el periodo de doce meses (Setiembre del 2009 a setiembre del 2010), donde concluyó que la concentración de plomo, cobre, mercurio y arsénico no superan el Límite Máximo Permisibles (LMP) según la Ley General de Aguas D.L. 17752. Diferente es al caso de la concentración de hierro el cual supera la normativa de referencia en dos puntos de muestreo ubicadas aguas abajo de la minería artesanal e informal.

Quilcat (2014) expone; que para poder realizar el análisis estadístico de la calidad de agua del río Santa, se tuvo como información la concentraciones de los parámetros físico, químico y biológico de seis puntos de muestreo durante un periodo de seis meses, teniendo por objetivo analizar qué tipo de análisis estadístico se puede realizar con los datos multivariados mensuales, la autora concluyó que el análisis univariado (ANOVA) y el multivariado (MANOVA) para un análisis de medidas repetitivas resultan ajustarse a una mejor confiabilidad de los resultados además se observó que el análisis multivariable resulto ser más ventajosa para este tipo de configuración de datos.

Las actividades mineras origina afectaciones principalmente hacia los cuerpos receptores generando una degradación a los ecosistemas y al sistema ambiental, sin un adecuado cierre de mina esto se puede magnificar en el tiempo, Corzo (2015)

señala que los pasivos ambientales mineros constituyen la principal fuente de contaminación al recurso hídrico ya que estas liberan metales y metaloides (Pb, Cd, Cu y As), para el caso de los relaves mineros ubicado en el río Aruri en la parte alta de la quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor donde estas aguas son utilizadas para el riego de cultivos, se pudo comprobar la presencia de sulfuros que superan el Estándar de Calidad Ambiental. Así mismo se observó que las comunidades ubicadas aguas abajo de estos pasivos, usan el recurso hídrico para el riego de sus cultivos de papas y alfalfa, cultivos característicos por su bioacumulación provocando una alteración a la cadena trófica y a la salud humana.

Villareal (2016), en el estudio de calidad de agua del río San Juan, en el departamentos de Pasco, tienen como objetivo identificar y medir el contenido de los elemento metálicos, físicos-químicos y microbiológicos, así como las posibles fuentes de contaminación, encontrándose relacionadas a la presencia de actividades mineras y descargas de aguas domesticas al río San Juan, siendo comparadas con el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua de riego de vegetales y bebidas de animales, para la presente investigación se requirió información histórica de la calidad del agua durante los años 2001- 2011, y realizo dos monitoreo en el 2014 con el fin de identificar la evolución de la calidad del agua. Se pudo identificar la presencia de elementos físicos, químicos y microbiológicos superan el estándar de la normativa de referencia, teniendo fluctuaciones en épocas de avenidas y estiajes.

Teves (2016) tuvo como objetivo realizar el estudio fisicoquímico del agua del río Caca en la cuenca Cañete, provincia de Yauyos – Lima, para determinar la aptitud de las aguas destinadas al riego de cultivos agrícolas y bebidas de animales se evaluaron los parámetros físicos como temperatura, conductividad eléctrica y entre otros, en el caso de parámetros químicos se consideraron pH, oxígeno disuelto, solidos, cloruros, bicarbonatos, sulfatos, aluminio, cadmio, cobre, hierro, plomo y cinc. Para la presente se consideraron seis puntos de muestreo durante un periodo de tres meses (mayo – julio del 2015), finalmente la autora concluye; los parámetros evaluados en el río Caca no superan los niveles del estándar de calidad ambiental para riego de cultivos y bebidas de animales, así mismo hace mención que unos de los contribuyentes (río Paluche) no cumple con los valores establecido en el ECA.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. Descripción general de la Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca**

La quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca ubicada en el distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, delimitado dentro del espacio hidrográfico de la cuenca Crisnejas y subcuenca Condebamba Bajo Lanla, tiene con naciente los procesos de filtración debido a los factores hidrometeorológicos presente en la cabecera de cuenca. Las aguas de la quebrada Coigobamba atraviesan los caseríos de Coigobamba Alto, Coigobamba Bajo, Cumunbamba y Santa Cruz, en el caso del río Shiracmaca surca los caseríos de Paranshique, Quinta Alta, El Toro y Colpilla. En donde los pobladores utilizan estas aguas para riego de cultivos, así como debidas de animales.

La quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca rodean al cerro El Toro en donde se puede identificar que en el curso medio y baja de la quebrada existen concesiones mineras con Estudios de Impacto Ambiental (EIA) aprobados, asimismo hay presencia de mineras artesanales e informales (bocaminas). La minería artesanal se desarrolla a una altura de 3200 a 3600 msnm aproximadamente, dentro del área de estudio se encuentra el cerro El Toro el cual cuenta con un alto porcentaje de minerales oxidados, así como de mineral con sulfuros de cobre, la minería en esta zona se remonta a los años 1990 con extracciones de alta ley, para los años 2002 en adelante se fue incrementando el número de mineros artesanales y el crecimiento desordenados de la minería informal.

Los resultados de los impactos ocasionados por las actividades de la minería informal cercanas a la quebrada Coigobamba y al río Shiracmaca generan posibles alteraciones a la calidad del aire, calidad del suelo, calidad del agua, hacia la diversidad de la flora, fauna, salud poblacional y actividades económicas.

### **2.2.2. Características físicas, biológicas y sociales del área de estudio.**

#### **2.2.2.1. Ambiente físico**

##### **a) Clima e hidrología.**

El Caudal de esta quebrada varía con relación a los factores hidrometeorológicos presentes en la zona, en donde se pueden identificar meses lluviosos y secos, según

SENAMHI, próximas a los puntos de muestreo se ubican la estación meteorológica HUAMACHUCO de código 000374, la que registra los parámetros meteorológicos de la zona, cuyo dato de la estación se presenta en la tabla 1.

Vicente (2011) argumenta que las quebradas y los ríos aportantes tienen relación con el régimen de descarga del río Crisnejas es una consecuencia directa del comportamiento de las de las precipitaciones en la cuenca. Mediante datos de precipitaciones se pueden dividir el régimen natural en tres periodos, que forman un ciclo anual en las variaciones. Periodo de avenidas de octubre a abril, periodo de estiaje de junio a setiembre y el mes de mayo corresponde al periodo de transición.

Tabla 1  
*Datos de la estación meteorológica Huamachuco*

Estación meteorológica Huamachuco	
Tipo	Convencional
Latitud	7° 49' 8.97''
Longitud	78° 2' 24.48''
Departamento	La Libertad
Provincia	Sánchez Carrión
Distrito	Huamachuco

Fuente: SENAMHI, 2018.

De la estación Huamachuco, se obtuvo los datos de temperatura y precipitación con el fin de identificar los periodos de lluvia y estiaje, además tomando en consideración lo mencionado por Vicente Montalvo en su estudio de análisis hidrológico en la cuenca del río Crisnejas; se obtuvo la representación gráfica (Figura 1) del registro pluviométrico en dos horarios (7 y 19 horas) durante el periodo de enero a junio del 2018, se pudo identificar que la precipitación se presenta en los meses de enero a abril, y mayo como el periodo de transición disminuyendo considerablemente en los meses de junio, julio y agosto. Por su parte Corcuera (2015) menciona que las precipitaciones presentan un comportamiento debido a las estaciones del año, dando hay presencia de valores máximos llegando a 386 mm en los meses de diciembre a marzo, y en los meses de junio y setiembre fluctúan entre 83.6 mm a 109 mm, por último, menciona que las direcciones predominantes de los vientos presentan una dirección de norte a sur, con velocidades promedio de 7.0 – 8.5 km/h, los vientos se presentan mayormente luego del medio día.

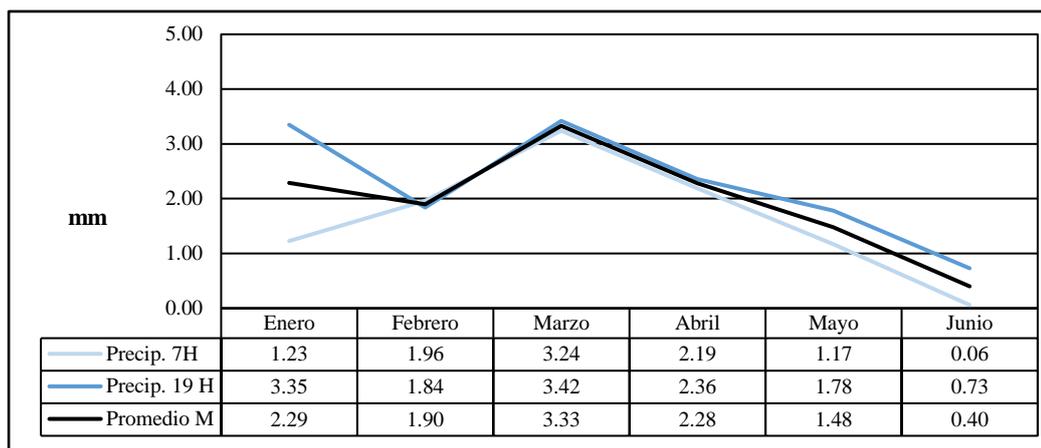


Figura 1. Variación mensual de precipitación durante enero a junio del 2018.

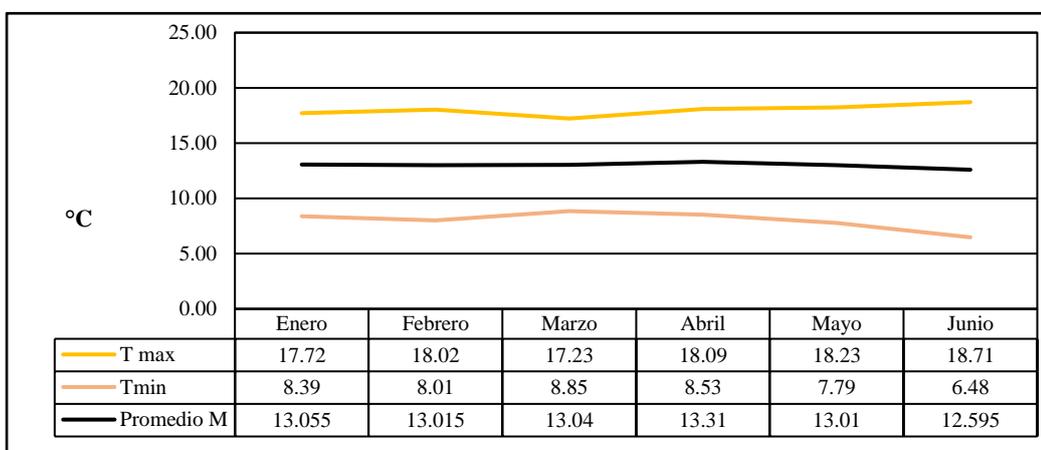


Figura 2. Variación mensual de la temperatura durante enero y junio del 2018.

La precipitación y la temperatura se explican o está relacionada con el tipo de zona de vida del área de estudio, según el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en su publicación de “Prospección Geoquímica Regional al Norte del Paralelo 8° 00’” Sur, Cuencas de la Vertiente Atlántica” (2012). Ubica a Huamachuco dentro de la Zona con clima lluvioso, semicálido y húmedo, con invierno seco (3500-4500 msnm). Así mismo según el mapa de zonas de vida del MINAM, clasifica al área de estudio como Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT), considerado así por su ubicación de 3000 – 3500 msnm.

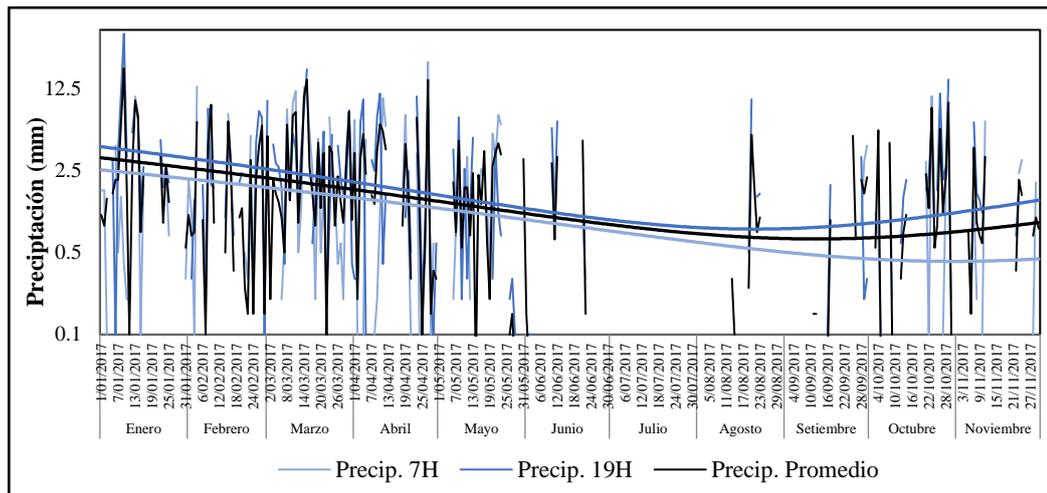


Figura 4. Tendencias de temperatura ambiental durante enero a noviembre del 2017.  
Fuente: SENAMHI, 2018., Elaboración: Propia.

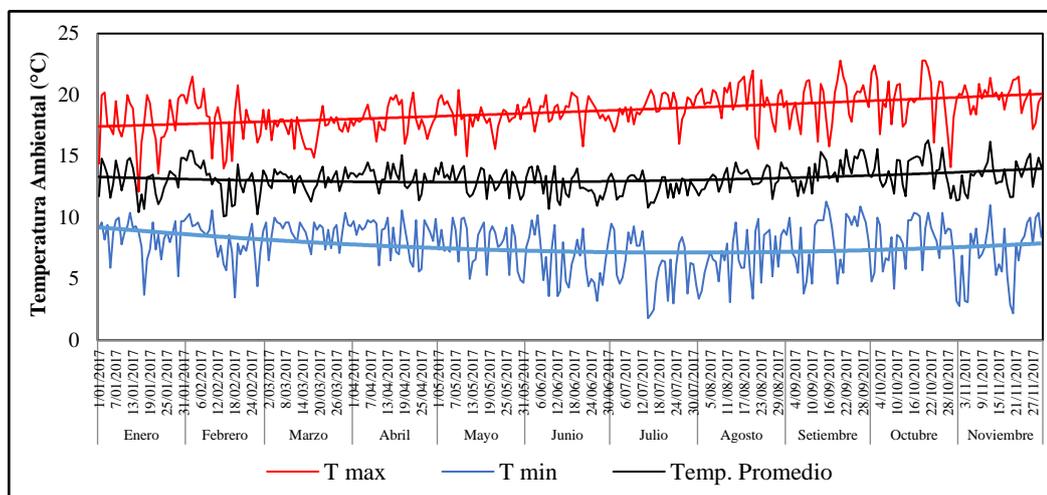


Figura 3. Tendencias de temperatura ambiental durante enero a noviembre del 2017.  
Fuente: SENAMHI, 2018., Elaboración: Propia.

## b) Fisiografía

Presenta relieve característicamente accidentado, con predomios de laderas montañosas con fuertes pendientes, con presencia de zonas agrícolas y cobertura vegetal conformada en su mayoría por matorrales, especies arbustivas y herbáceas, por último, se considera el uso potencial del suelo que mayoritariamente está conformado por la agricultura tanto en seco como en bajo riego. Corcuera (2015) hace mención que en el área del cerro El Toro, hay presencia de paisajes definidos, sus formas varían desde planicies plano-onduladas (2% - 4% de gradiente) hasta montañas extremadamente empinadas (>75% de gradiente).

### **c) Geología**

Según el mapa geológico 1:50000 del INGEMMET (Cuadrante Cajabamba 16-g), el área de estudio presenta unidades litoestratigráficas; Qh-al: depósitos aluviales formados por la acumulación de gravas, arenas y limos depositados en terrazas y en el cauce de quebradas y ríos, esta unidad conforma el mayor área del casco urbano; Qh-al: depósitos aluviales por acumulación de gravas, arenas y limos como depósitos antiguos se puede encontrar alrededor de la ciudad; Ki-ca: Formación Carhuaz, formado principalmente por areniscas de cuarzosas grises en capas medias, intercaladas con limoarcillitas; Ki-sa: Formación Santa, conformado por calizas marrones y arcillitas gris oscura en capas medianas. Estas formaciones geológicas influyen en los diferentes factores ambientales ya sea directa e indirectamente, así mismos.

#### **2.2.2.2. Recurso biológico**

##### **a) Flora**

Corcuera (2015) describe que en el área de estudio hay presencia de bosques de eucaliptos y cultivos, así como también la presencia de arbustos naturales y pastos, haciendo mención que el 12.15% representa el valor de cobertura para plantaciones forestales y el 59.38% de pastizales (p. 19). Las formaciones de vegetales no se presentan uniformes, se pueden identificar las siguientes biocenosis; vegetación ribereña, césped de puna y roquerio. Según Corporación del Centro SAC (2017) se registraron un total de 32 especies, distribuidas en 13 familias botánicas, las familias con mayor presencia fueron; *Asteraceae* (14 especies), *Poaceae* (4 especies), *Fabaceae* (3 especies) y *Cyperaceae* (2 especies), a continuación se presenta la representatividad de familias de flora. Las formas de crecimiento predominantes fueron las hierbas con 26 especies, lo que representa el 81.25% del registro total de especies, en porcentaje mucho menor se registra a los arbustos con 3 especies, lo que representa el 9.38%, seguido de la forma árbol con 2 especies, representando el 6.25% y el tipo suculenta con 1 especie. Como se espera, las formas de crecimiento que dominan en todas las formaciones vegetales son las hierbas.

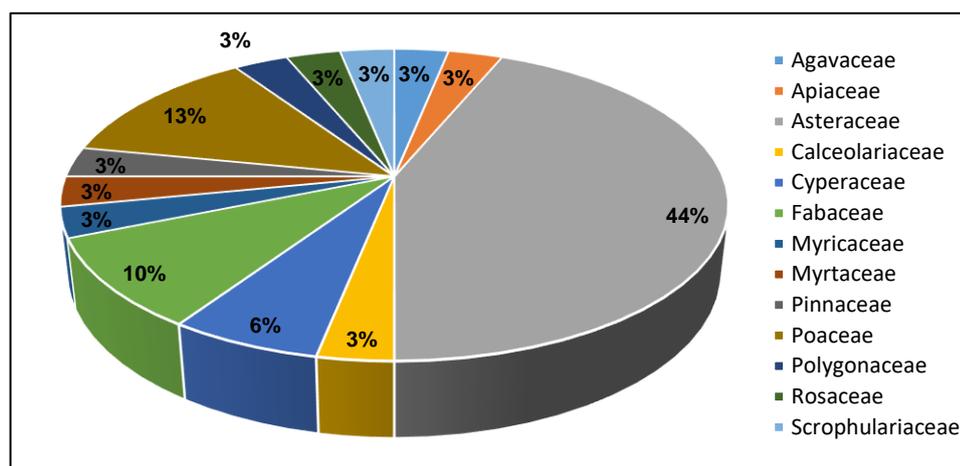


Figura 5. Familias botánicas identificadas en el área de estudio.

Fuente: Corporación del Centro SAC., 2017.

## b) Fauna

Según la Corporación del Centro SAC (2017) se identificaron un total de nueve especies de aves, de las cuales están incluidas en ocho familias. La familia con más especies fue la *Ardeidae*, registrando dos especies. Las familias restantes presentaron una sola especie por familia. Con relación a la composición de aves se observó la predominancia de una sola especie, la especie más representativa es; *Zonotrichia capensis* “gorrión americano”. Otras especies representativas se tiene a *Turdus fuscater* “zorzal chihuano” y *Columbina cruziana* “tortolita”. Corcuera (2015) menciona que la avifauna presente en el área de influencia del cerro el toro es representativa, tales como; *Turduschiguanco* “Chiguanco”, *Metriopelia melanoptera* “Paloma cordillerana”, *Zonotrichiacapensis* “Gorrión de collar rufo” entre otros. En el caso de mamíferos se evidencio la presencia de *Lycalopex culpaeus* (zorro colorado) a través de la observación indirecta mediante observación de heces de la especie. Así mismo hay presencia de ganado ovino, caprino, porcino y vacuno.

### 2.2.2.3. Economía

Corcuera (2015) hace mención que la principal actividad económica es la minería, pero, así como está, la agricultura se realiza al igual que en el resto de las provincias de la sierra de nuestro país (Tabla 2), se pueden diferencia dos unidades agropecuarias, unidades con menos de 3.0 has. y los grandes productores con unidades de 50 y más hectáreas. Haciendo mención que el 80.59% de la producción es para el consumo local. Según el plan estratégico de desarrollo de Huamachuco al 2018 menciona que, en los últimos años, el desarrollo de la demanda de alimentos

en Lima y en la costa comienza a generar un mayor comercio en Huamachuco, otras de las actividades que mueven la economía en Huamachuco es la producción maderera las cuales son de utilidad para la minería y otras actividades en la costa, finalmente se puede mencionar al turismo la cual en la actualidad no es considerada por la falta de inversiones del sector público y privado.

Tabla 2  
*Productos cultivados en la zona de Huamachuco y Shiracmaca*

Centros Poblados	Cereales	Tubérculos	Menestras	Otros
Coigobamba	Maíz amiláceo, trigo y cebada	Papa amarilis y oca	Alverja y habas	Hortalizas
El Toro	Maíz amarillo, trigo y cebada	Papa amarilis, olluco y oca	Alverja y chocho	
Shiracmaca	--	Papa amarilis	Habas y chocho	Alfalfa

Fuente: Corcuera, 2015.

#### 2.2.2.4. Población y servicios públicos

Según el censo nacional XI de población y vivienda del 2007 realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, la población total del distrito de Huamachuco perteneciente a la provincia de Sánchez Carrión departamento de La Libertad, cuenta con 52450 habitantes. En la tabla 3, se muestra el número total de poblaciones y de viviendas en la zona de influencia de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca. Así mismo se refleja cualitativamente los servicios que cuenta cada centro poblado.

Tabla 3  
*Población y servicios públicos en el área de estudio*

Centros Poblados	Población	Vivienda	Agua red publica	Desagüe red publica	Energía eléctrica vivienda
Cas. Cumumbamba	350	140	Si	No	Si
Cas. Coigobamba Alto	90	30	Si	No	No
Cas. Santa Cruz	100	50	Si	No	Si
Cas. Coigobamba Baja	450	128	No	No	Si
Cas. Paranshique	600	300	Si	No	Si
Cas. Quinta Alta	250	150	Si	Si	No

Centros Poblados	Población	Vivienda	Agua red publica	Desagüe red publica	Energía eléctrica vivienda
Cas. El Toro	600	150	Si	Si	Si
Cas. Colpilla	50	30	Si	No	no
CCPP Mayor Shiracmaca	5000	1000	Si	Si	Si

Fuente: INEI, 2007.

### 2.2.3. El agua y calidad del agua.

Los estudios de la calidad de aguas superficiales actualmente han tomado protagonismo e interés, debido por diferentes factores tanto social, económico y ambiental, ya que permite conocer cómo se encuentran las condiciones físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico, esto sirve como un indicador al momento de la toma de decisiones; en la mayoría de los casos la industrialización y los malos manejos de estas generan alteraciones a las aguas tanto superficiales como subterráneas.

Para la Autoridad Nacional de Agua (2016) ente rector de los recursos hídricos en el Perú, el agua es un recurso natural que satisface la demanda de las actividades naturales y productivas, además es necesario para la conservación de los ecosistemas, así mismo hace mención que este recurso es afectado por el crecimiento demográfico el cual altera el uso territorial de las cuencas naturales, las variaciones hidrometeorológicas, la desigual distribución del aguas por vertientes, estos principales factores son determinante en su disponibilidad. Valle (2015) describe un concepto técnico del agua; tratando al agua como compuesto químico, este se encuentra formado por la unión de dos moléculas de hidrogeno (H) y uno de oxígeno (O), el primero de estos es considerado como el elemento más abundante en el universo, por su parte el oxígeno es un elemento importante en la química inorgánica y vital para los diferentes ciclos de los seres vivos.

El Perú, país privilegiado por su oferta hídrica, dispone de un volumen anual promedio de 1 768 512 MMC de agua, el 97.2% del volumen total corresponde a la vertiente del Amazonas, en donde se asienta el 30% de la población; el 0.5% pertenece a la vertiente del Titicaca donde se asienta el 5% de la población; y el 1,8% de este volumen restante corresponde a la vertiente del Pacífico en donde se establece el 65% de la población (ANA, 2016, p.7).

Ante de definir la calidad del agua, esta se debe caracterizar, según Romero (2005) describe; la caracterización tienen como fin primordial conocer cuáles son los atributos del agua ya sean en sus parámetros físicos, químicos y biológicos, esto con la finalidad de identificar cuál será su aptitud para su uso; de consumo humano, agrícola, industrial, recreacional o como recurso asimilatorio de descarga de contaminantes, los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros evaluados permitirá definir su calidad para un uso determinado.

Romero (2005) recalca, existen diferentes términos para describir la calidad del agua, el criterio de calidad de agua depende directamente de la utilización que se le vaya a dar dicha agua. Muchas de sus características, fisicoquímicas y bacteriológicas requeridas para determinar su uso son características adoptadas para propósitos generales (p.345). Una definición de calidad de agua es: “Calidad del agua es el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua. La calidad del cuerpo de agua muestra variaciones espaciales y temporales debido a factores internos y externos al cuerpo de agua” (Water Quality Assessments, 1996, p.5).

En la actualidad la calidad de agua se ve alterado generalmente por la presencia del hombre, a ellos se le conoce como contaminación del agua, según GESAMP (Como se citó Campos 2003) conceptualiza a la contaminación del agua como; las actividades directa e indirecta realizada por los humanos el cual genera alteración o efectos negativos como; daños de recursos vivos, daños a la salud humana, impedimento a realizar actividades acuáticas, impedimento del uso de agua para actividades agrícolas, industriales y domésticas.

#### **2.2.4. Calidad del agua y su aptitud para las actividades de riego**

Según SAG (2005) el éxito del desarrollo agrícola de una región se basa en el riego, esto requiere la disposición de fuentes de agua de riego, así como la cantidad y calidad. En la actualidad la variable calidad a tomado un papel importante ya que es tema de preocupación debido por el crecimiento demográfico y económico han resultado en deterioro de la calidad del agua.

Castillo y Medina (2014) describe que la calidad de la fuente disponible para las actividades de riego debe ser evaluada, ya que la calidad afecta tanto a la

productividad agrícola como también a la calidad ambiental incluyendo a la salud pública. Estas estimaciones de la calidad del agua por lo general son contrastadas con los estándares de calidad o límites máximos. De la misma manera Romero (2005) menciona que: “La aptitud del agua para riego agrícola depende de su efecto sobre el suelo y sobre el cultivo” (p.369).

Teves (2016) en el estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca en Lima, propone; para evaluar la calidad del agua cada país contrasta los resultados obtenidos con estándares establecido por las autoridades competentes. A nivel nacional los estándares de calidad ambiental están establecido por el MINAM, mientras que a nivel internacional se encuentra establecidas por la EPA-FAO (p. 14).

### 2.2.5. Parámetros de calidad del agua

Orozco et al. (2011) clasifica los parámetros generales de la calidad del agua según la naturaleza de las propiedades o especies que se determinan, esto mejora los estudios de contaminación y calidad de las aguas, en el presente se menciona los parámetros en estudio.

#### 2.2.5.1. Parámetros físicos

De acuerdo con el estándar de calidad del agua categoría riego de vegetales D.S. N° 004-2017-MINAM, los parámetros fisicoquímicos, según los define; Samboni et al. (2007), brindan información de la naturaleza de las sus propiedades físicas, la ventaja de estos se debe a la rapidez de sus análisis pudiendo ser monitoreadas con mayor frecuencia.

Tabla 4

*Estándares y límites máximos de parámetros fisicoquímicos*

Parámetros	Unid.	D1: Riego de vegetales <sup>(1)</sup>	Unid.	Agua de irrigaciones <sup>(2)</sup>
Fisicoquímicos				
Conductividad	μS/cm	2500	-	*
Temperatura	°C	Δ 3	-	*

Fuente: <sup>(1)</sup> Estándar de calidad ambiental - D.S. N° 004-2017-MINAM., <sup>(2)</sup> Límites máximos para agua de irrigaciones EPA., (\*) No presenta.

- **Temperatura**

Este parámetro influye notablemente en la calidad del agua, tiene efecto en diferentes propiedades o características; solubilidad de gases y sales, reacciones químicas y bioquímicas, desarrollo de organismos, entre otros. De la misma manera Cánepa et al. (2004), señala a la temperatura como uno de los parámetros físicos más importantes; influye en la actividad biológica, adsorción de oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos y desinfección, este parámetro es variable ya que múltiples factores, principalmente ambientales hacen que la temperatura varíe continuamente (p.13).

- **Conductividad**

Es la resistencia que opone el agua al paso de corriente eléctrica, está relacionada con la cantidad de sales y materia orgánica e inorgánica disuelta en el agua. Romero (2005) hace mención que es una expresión numérica el cual representa la capacidad de transporte de corriente eléctrica en el agua, la misma que depende de la concentración de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura, entonces cualquier cambio de la cantidad de sustancia y su valencia implican un cambio de este parámetro, es muy usado en los análisis de agua ya que proporciona un estimado rápido del contenido de sólidos disueltos (p. 114). Martínez (2003) la conductividad eléctrica es un indicador de salinidad, estas sales son transportadas por las aguas de riego y depositadas en los suelos donde se acumulan, el uso de las aguas con alta salinidad produce en las plantas realizar mayor esfuerzo en la absorción como consecuencias del aumento de la presión osmótica, toxicidad específica en los cultivos y otros.

**2.2.5.2. Parámetros químicos – inorgánicos**

El D.S. N° 004-2017-MINAM, estándar de calidad del agua categoría riego de vegetales menciona a los parámetros químicos inorgánicos, que según Orozco et al. (2011) describe que los parámetros de carácter químico se encuentran dividido en medidores de materia orgánicos e inorgánicos, para la presente investigación se consideró los medidores de materia inorgánica ya que estos contienen a los aniones, cationes y metales pesados, teniendo relación con los efluentes generados por las actividades mineras dentro del área de estudio.

Tabla 5

*Estándares y límites máximos de parámetros químicos-inorgánicos*

Parámetros	Unid.	D1: Riego de vegetales <sup>(1)</sup>	Unid.	Agua de irrigaciones <sup>(2)</sup>
<b>Químicos</b>				
Potencial de hidrógeno (pH)	Unid. pH	6.5 - 8.5	Unid. pH	6.5 – 8.5
<b>Químicos Inorgánicos</b>				
Aluminio	mg/L	5.0	mg/L	5.0
Arsénico	mg/L	0.1	mg/L	0.1
Boro	mg/L	1.0	mg/L	0.75
Cadmio	mg/L	0.01	mg/L	0.01
Cobre	mg/L	0.2	mg/L	0.2
Cromo	mg/L	0.1	mg/L	0.1
Hierro	mg/L	5.0	mg/L	5.0
Manganeso	mg/L	0.2	mg/L	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	mg/L	*
Plomo	mg/L	0.05	mg/L	5.0

Fuente: <sup>(1)</sup> Estándar de calidad ambiental - D.S. N° 004-2017-MINAM., <sup>(2)</sup> Límites máximos para agua de irrigaciones EPA., (\*) No presenta.

**- pH: acidez y alcalinidad**

Cánepa et al. (2004) especifica que generalmente en las aguas naturales no contaminadas el pH se encuentra en un rango de 5 a 9, este parámetro influye en algunos fenómenos como lo son la corrosión e incrustaciones. No generando efectos directo sobre la salud humana (p.13). Castillo y Medina (2014) describe que este parámetro mide la intensidad de acidez o alcalinidad, aunque en realidad mide la concentración de iones de hidrogeno presentes, este regula muchas reacciones químicas y actividades biológicas. Martínez (2003) describe que la incidencia del pH en las plantas es hacia la actividad microbiana y sobre la solubilidad/disponibilidad de los elementos esenciales o fitotóxicos tienen consecuencias en el crecimiento vegetativo y en la salud de las plantas.

**- Aluminio**

Cánepa (2004) describe al aluminio como un componente natural del agua, ya que esta, forma parte de las estructuras de las arcillas, pudiendo presentarse en el agua en sus formas solubles o coloidales, siendo responsable de la turbiedad del agua, formadoras de ácidos débiles y en concentraciones altas confieren al agua un pH bajo. Romero (2005) argumenta que este elemento presenta características livianas,

anticorrosivos, no tóxico (en pocas concentraciones) y buen conductor térmico. Rivera et al. (2015) la toxicidad del aluminio en las plantas interfiere con la división y elongación celular, modifica la estructura y el funcionamiento de la membrana plasmática, disminuye la respiración, reduce la toma de agua e interfiere en la toma.

- **Arsénico**

Metaloide de química compleja, puede existir como sólido, líquido o gas, este elemento es el vigésimo más común en la corteza terrestre, distribuido en la naturaleza y transportado por el agua, su forma más común es la arsenopirita, la cual puede causar afectaciones a la salud humana y en concentraciones altas puede causar irritaciones gastrointestinales, presión sanguínea baja, convulsiones y también puede causar la muerte (Romero, 2005, p.351). Carbonell, Burló y Mataix (1995) mencionan que las plantas se ven expuestas a arsénico a través del agua de riego y de los suelos contaminados, según SAG (2005) explica que a un exceso de concentración de arsénico en la planta genera la disminución de su rendimiento, los efectos nocivos en la planta se manifiestan con la destrucción de la clorofila debido a la inhibición de productos de enzimas.

- **Boro**

Romero (2005) sostiene que; generalmente este elemento no se encuentra en las aguas naturales, cuando se encuentra presente su concentración es de 0.5 a 1.5 mg/L. Pablo (2016) argumenta que este llega a la hidrosfera (agua superficial o subterránea) desde los continentes mediante el ciclo del agua, por los procesos de erosión de rocas, así mismo da a conocer que el boro se utiliza en la fabricación de vidrio, cerámica y esmaltes, también usado en la fabricación de ablandadores de agua, jabones, detergentes, pirotecnia, productos agrícolas, agentes de control de plagas y medicamentos. Martínez (2003) manifiesta que a elevadas concentraciones de boro son muy venenosas en las plantas y la toxicidad del boro se presenta con frecuencia al mismo tiempo que la salinidad, el exceso de boro en las plantas se manifiesta por el amarillamiento característico de las puntas de las plantas, en casos agudos hay una defoliación intensa.

- **Cadmio**

Romero (2005) describe al cadmio con un elemento metálico soluble en agua como cloruro, nitrato y sulfato. Su presencia en las aguas por lo general proviene de la contaminación de la industrial galvanoplástica (p.353). Este elemento puede provenir de corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentías de baterías usadas o pinturas. Este metal pesado es potencialmente toxico, la ingesta de este tiene efectos acumulativos en tejidos del hígado y los riñones donde presenta una vida media de 10 a y 30 años generado problemas cancerígenos (Cánepa, 2004, p. 23). Martínez (2003) señala que el cadmio ingresa a la planta a través de la raíz llegando a acumularse en las frutas y semillas, por lo tanto, Akport y Muchie (2010) menciona que la elevada concentración de cadmio genera disminución de la germinación de semillas y del contenido de lípidos.

- **Cobre**

Se encuentra de forma natural en las aguas superficiales con concentraciones menores a 1 mg/L, en estas concentraciones no tienen efectos nocivos para la salud, principalmente el cobre está relacionado con la corrosión de las cañerías en la vivienda, erosión de depósitos aluviales y el percolador de conservantes de madera entre otras, si se ingiere el agua contaminada con altos niveles de cobre se puede manifestar en corto plazo con problemas gastrointestinales, a exposiciones largas podrían causar lesiones hepáticas y renales (Cánepa, 2004, p. 27). La presencia de una excesiva concentración de cobre en las aguas para el riego de cultivos genera alteración físicas y químicas en la planta. Martínez (2003) explica los cambios físicos sufridos por las plantas los cuales se manifiestan en las raíces las mismas pierden vigor tendiendo a engrosarse sin desarrollo adquiriendo un color oscuro, químicamente la planta sufre eficiencia de hierro ya que el cobre en exceso afecta el su estado de oxidación limitando su absorción y translocación en la planta.

- **Cromo**

Cánepa (2004) enfatiza; las especies normalmente presentes en las aguas superficiales son el Cr (III) y Cr (VI), el primero de ellos esencial para los

seres humanos, el segundo considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos, este último usualmente es de origen antropogénico donde la erosión de depósitos naturales y efluentes industriales (principalmente de acero, papel y curtiembre) se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. Alvites (2008) describe que la ingesta de compuestos de cromo causa irritaciones, úlceras hepáticas. Romero (2005) quien describe al cromo como metal resistente a la corrosión, usado en la industrial galvanostegia, su presencia en las aguas en la mayoría de los casos se debe a la actividad humana. Según describe Martínez (2003) la absorción y transporte del cromo en las plantas son poco conocidas, así mismo hace referencias que no está claro si el cromo es o no esencial en los vegetales.

- **Hierro**

Es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestres, como expresa Romero (2005) se desconoce los efectos nocivos para la salud, la presencia de niveles altos de hierro en las aguas afecta a los parámetros físicos como lo son el color, sabor y turbiedad. Cánepa (2004) afirma que en la naturaleza se presenta en dos formas asimilables y no asimilables. En concentraciones altas Orozco et al. (2011) menciona que las fuentes principales de este elemento son debido a la minería, fundiciones, galvanotecnia, erosión y lixiviación de suelos. Martínez (2003) menciona que el Fe y otros elementos influyen considerablemente en la disponibilidad de los micronutrientes y macronutrientes, la rápida conversión de hierro soluble en compuestos insolubles lleva consigo que los problemas de toxicidad no se presentan.

- **Manganeso**

Cánepa (2004) argumenta que en las aguas superficiales el manganeso se encuentra en su estado reducido Mn (II), en altas concentraciones afecta al sabor y provoca el desarrollo de ciertas bacterias, la presencia del manganeso no es común en las aguas, pero cuando está presente, por lo general se encuentra asociado al hierro, siendo más difícil de controlar que el hierro. Orozco et al. (2011) describe que la fuente más importante de manganeso es de origen de actividades; minería, industria química, aleaciones y lixiviados de rocas y suelos. Casierra y Poveda (2005)

manifiesta que el exceso de Mn en las plantas produce clorosis marginal y necrosis de hojas produciendo en las raíces coloración café oscuras, interfiere en las enzimas, disminuyendo la respiración y produce la destrucción de auxinas.

- **Mercurio**

Romero (2005) describe al mercurio como, metal pesado líquido a temperatura ambiente y su presencia en las aguas se debe a la contaminación provocada por el hombre, los compuestos de metil mercurio provocando daños irreversibles al sistema nervioso (p.361). Se considera al mercurio un contaminante no deseable en el agua (Cánepa, 2004, p. 38). Posada y Arroyave (2006) mencionan que los efectos en la planta por exceso de mercurio se manifiestan desde la raíz, alterando los cloroplastos y las mitocondrias afectando así al proceso de fotosíntesis y la respiración, llegando a ser crónico lo que puede producir la muerte de la planta. Para Cárdenas, Moreno y Magnitskiy (2009) el mercurio y otros metales disminuye la capacidad de respuesta ante déficit hídrico además de afectar la morfología de las raíces, en las hojas altera las estomas perjudicando la toma de agua y la transpiración.

- **Plomo**

Por lo general no se encuentra en las aguas naturales, a menos de ser introducido mediante contaminación por arsenato de plomo y otras sales. (Romero, 2005, p. 366). Alvites (2008) describe que en los humanos la intoxicación por plomo depende del tipo de compuesto, ya que las intoxicaciones crónicas se presentan por la adsorción de óxidos, carbonatos y otras sales solubles, Romero (2005) menciona que el plomo se acumula en los huesos, causando anemia, dolores abdominales, parálisis gradual de los músculos y retardo mental. En el caso de las plantas Isaza (2013) señala que el exceso de plomo afecta los procesos fisiológicos, manifestándose en la inhibición, germinación y alterando el crecimiento de las raíces, tallos y hojas. Coincidiendo con lo manifestado por García (2006) el cual menciona que una elevada concentración de plomo inhibe la germinación retardando el crecimiento de la planta.

## **2.2.6. Factores influyentes de la situación actual de la Quebrada**

### **Coigobamba y Río Shiracmaca.**

Como se mencionó anteriormente la Quebrada Coigobamba y el Río Shiracmaca se localizan en el distrito de Huamachuco provincia de Sánchez Carrión departamento de La Libertad, las aguas de la Quebrada Coigobamba atraviesan los caseríos de Coigobamba Alto, Coigobamba Bajo, Cumunbamba y Santa Cruz, en el caso del río Shiracmaca surca los caseríos de Paranshique, Quinta Alta, El Toro y Colpilla. Dicho departamento es el primer productor de oro a nivel nacional, según el Ministerio de Energía y Minas, la producción de oro durante enero a octubre del 2017 fue de 125,342,803 g finos, teniendo una variación del -1.47% en relación con lo producido durante enero y octubre del 2016.

En la región de La Libertad, es muy frecuente encontrar a mineros informales trabajando dentro de áreas que ya han sido concesionadas y tituladas a terceros. En la actualidad; la minería informal, la aurífera en particular, está extendido en todo el país. En la Libertad la explotación minera se concentra en la provincia de Pataz, en los pueblos de Pataz, Retamas, Parcoy y Buldibuyo; Gran Chimú, Otuzco, Santiago de Chuco, Sánchez Carrión específicamente en el Cerro el Toro. (Corcuera, 2015)

La quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca rodean a la zona llamada cerro El Toro, donde la minería formal, informal y artesanal se encuentra asentada desarrollándose a una altura de 3200 a 3600 msnm aproximadamente, según Vega (2012) señala que; el Cerro “El Toro” cuenta con un alto porcentaje de minerales oxidados, así como mineral con sulfuro de cobre. La inadecuada explotación del recurso mineral genera el principal factor influyente de la situación actual de la quebrada Coigobamba y el Río Shiracmaca.

Vega (2012) argumenta que la presencia de la minería aurífera en esta zona del Cerro El Toro se remonta a los años 1900, con el transcurrir del tiempo ya en los años 2000 hacia adelante, se presentó un incremento desmesurado de personas y mineros artesanales que realizaban sus actividades mineras; ya que ellos lo consideraban como un procedimiento sencillo iniciaron a extraer agresivamente el mineral, esto fue el inicio de un gran problema social. Por su parte la dejadez de las autoridades y de los sectores competentes generó el crecimiento desordenado de la minería artesanal y provocó el incremento de la minería informal, en los últimos

años los gobiernos local y regional comenzó con la capacitación y formalización a los mineros artesanales e informales sin ver mejoras significativas muy por el contrario seguía aumentando los mineros y así la posible contaminación de sectores alejados.

Corcuera y Panta (s.f) mencionan que en la zona llama cerro El Toro se ha encontrado que su 70% viene siendo explotado de manera informal, donde se utilizan insumos como cianuro de cal, carbón activado así mismo con la presencia de equipos de perforación y explosivos, estas actividades generan puestos de trabajo no formal para aproximadamente 700 mineros en un área de 100 ha, se cuantificó que existe alrededor de 1600 kg de cianuro por mes aproximadamente, además se identificó que los relaves o desmontes productos de la cianuración es acumulado cerca de las pozas constituyéndose como pasivo ambiental, por último no se cuenta con un adecuado tratamiento ni muros de contención y dada la acusada pendiente y constantes lluvias, estos relaves son deslizados a las partes bajas del cerro que van hacia las viviendas aledañas.

Vega (2012) enfatiza que en el año 2006 se contabilizó 80 pozas de procesamiento de minerales cada una con una capacidad de 50 TM/mes haciendo un total de 4000 TM/mes y de 48000 TM/año, la cual produjo acumulación de relave no tratados, la presencia de las lluvias intensas causó el deslizamiento de relaves afectando las casas y sembríos. En el año 2012 se desconocen los números exactos de pozas de cianuración, pero se sabe del incremento de la extracción del mineral, produciendo el uso excesivo de cianuro, esto acompañado con la falta de control en sus operaciones e inadecuada disposición de relaves cianurados se descargan directamente al suelo y a los cuerpos de agua superficial ocasionan la contaminación al río El Toro.

Los resultados de los impactos ocasionados por las actividades de la minería informal cercanas a la quebrada Coigobamba y al río Shiracmaca genera posibles impactos ambientales; calidad del aire, calidad del suelo, calidad del agua, generando alteración hacia la diversidad de la flora, fauna, salud poblacional y actividades económicas. El inadecuado manejo de los efluentes de las mineras presente en el cerro El Toro puede generar una alteración directa a la calidad de las aguas superficiales de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca, las cuales a

su vez son utilizadas principalmente para el riego agrícola ubicados en las zonas bajas, donde hay presencia de cultivos como papa, trigo, maíz, entre otras.

### **2.2.7. La minería artesanal e informal en el Perú**

El territorio nacional presenta proyectos mineros de pequeña, media y gran escala, De Manzanedo (2005) hace referencia; en el Perú se concentra la mayor atención hacia los proyectos de gran minería debido por los grandes volúmenes de producción y montos de inversión, dejando de lado y brindando la poca atención a las pequeñas minerías especialmente en su forma de artesanal.

Como se mencionó anteriormente la quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca rodean al cerro El Toro en donde hay presencia de pequeña y mediana minería así como también en sus formas de minería artesanal e informal, para clasificar a estas se debe tener el concepto general de estos tipos de actividades mineras; según el Ministerio de Energía y Minas la clasificación general de la minería en el Perú; es clasificada en: Minería Formal e Minería Informal (Figura 6), conceptualizándolos de la siguiente manera, la minería formal es aquella que cumple con todos los requisitos y permisos establecido por la ley de minería, de los cuales estas presentan con; concesión minera o contrato de cesión o explotación, permiso de uso de terrenos superficial, estudio de impacto ambiental, licencia de uso de agua, licencia social y autorización de inicio o reinicio de la operación, en el caso de la minería informal se define como la actividad minería en donde no se cumple con las exigencias de las normativas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental.

Dentro del amplio léxico del derecho se presenta la definición de minería ilegal el cual tiene el concepto similar a la minería informal pero la gran diferencia de esta es que este término solo se aplica cuando estas pequeñas unidades mineras se encuentran ocupando zonas prohibidas (Áreas protegidas). Luego de tener los conceptos de la minería formal, informal e ilegal, estas se estratifican por su capacidad productiva y por el área a explotar como se representa en la tabla 6.

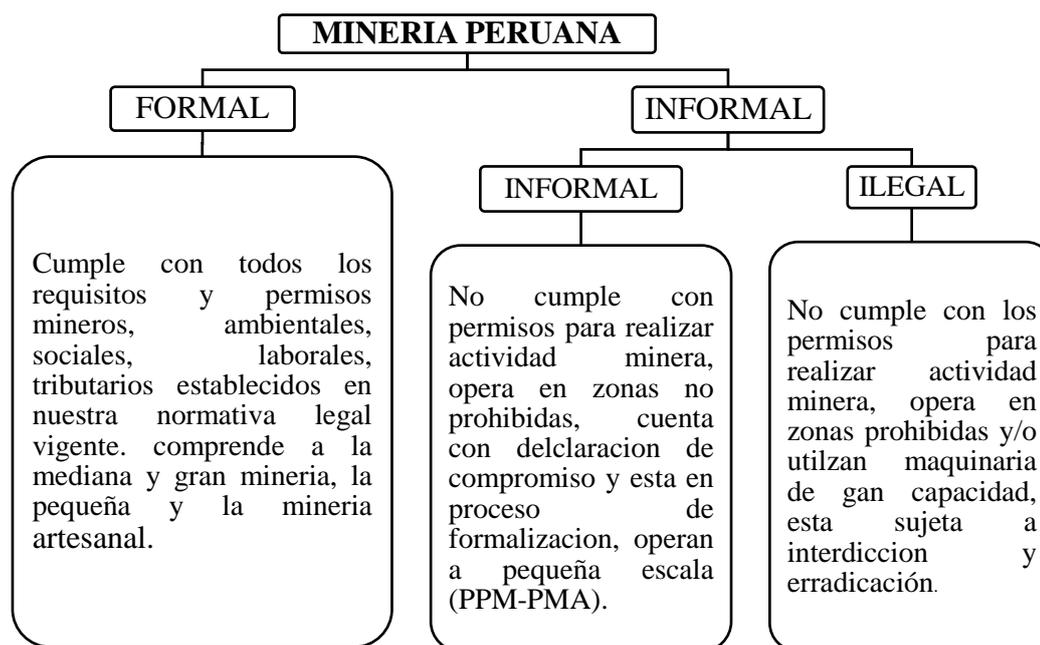


Figura 6. Clasificación de la minería peruana.

Fuente: MINEM – Victor Vargas Vargas.

Tabla 6  
Estratificación de la minería peruana

Estrato	Hectáreas	Capacidad productiva
Gran y mediana minería	Más de 2000 has.	Más de 350 TMD
Pequeña minería	Metálico: Hasta 2000 has. No metálico: Sin límite	Metálico: Hasta 350 TMD No metálico: Hasta 1200 TMD
Minería Artesanal	Metálico: Hasta 1000 has. No metálico: Sin límite	Metálico: Hasta 25 TMD No metálico: Hasta 100 TMD

Fuente: MINEM – Victor Vargas Vargas.

Según lo expresado por Corcuera (2015) en dicho lugar existe la presencia de ocho concesiones mineras con Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado, y una no cuenta con el instrumento ambiental. Así mismo determino la presencia de un promedio de dos a cinco pozas por cada labor (Bocamina) y seis trabajadores por cada poza, haciendo un total de 2268 trabajadores. De la misma manera se presenta pozas de cianuración construidas artesanalmente, desmontes producto del tratamiento de minerales dejados al lado de las pozas de cianuración. En la tabla 7 se presenta la identificación de las mineras formales e informales en el área de estudio.

Corcuera (2015) hace referencia a la información del último censo de mineros informales por parte de la Dirección de Energías y Minas del Gobierno Regional de La Libertad realizado en el cerro El Toro, donde se logró contabilizar 196 pozas de lixiviados, así mismo manifiesta que el consumo de cal promedio es de 5880 kg/mes/poza, de cianuro de 2156 kg/mes/poza y por último 6680 kg/mes/poza de carbón activado.

Tabla 7

*Identificación de las minerías formales e informales en el área de estudio*

Concesión	Coordenadas		EIA	Empresa/ Titular	Comunidad
	Este	Norte			
Rosa Ampara A.C.3	830093	9134703	Aprobado	Corporación Centro S.A.C	Shiracmaca
Rosa Amparo A.C.6	830386	9133995	Aprobado		
Rosa Amparo A.C.4	-	-	Aprobado		
Melva N° 20.	829929	9134045	Aprobado	S.M.R.L. Melva N° 20 de Trujillo	Shiracmaca
La Burbujita	-	-	Aprobado	Juan Antonio Pino Mantilla	Coigobamba
La Burbujita N° 1	-	-	Aprobado		
La Burbujita N° 2	830110	9133504	Aprobado		
Minería aurífera - El Toro S.A.C.	-	-	No tiene	Carlos Arturo Rebaza López	El Toro

Fuente: Corcuera, 2015.

Como menciona Medina (2013) la minería aurífera artesanal ya sea formal, informal e ilegal genera 38 toneladas de oro, así mismo se contabilizo alrededor de 140000 mineros artesanales directamente involucrados en la actividad y 500000 personas directa e indirectamente dependiendo de la misma. Kuramoto (2001) sostiene que; la minería artesanal específicamente de oro se realiza en diferentes zonas geográficas del Perú, de la información obtenida del Ministerio de Energía y Minas, indica, que en el departamento de Madre de Dios se produce más del 70% de oro producido por medios artesanales o informales y que en este departamento trabajan casi la mitad de los mineros artesanales, siguiendo con los indicadores, el departamento de Puno es la segunda área minera con alrededor del 17% de la

producción total de oro, el sur medio (Sur del departamento de Ica, parte occidental del departamento de Ayacucho y la zona norte del departamento de Arequipa) ocupa el tercer lugar y finalmente el departamento de La Libertad ocupa el último lugar con una producción de 191 kg al año.

Para Corcuera (2015) la minería artesanal aurífera no tan solo se ubica en Madre de Dios, Puno, Sur Medio y La Libertad; sino prácticamente en la mayor parte del territorio nacional si se toma en consideración a los mineros artesanales dedicados a la extracción de minerales metálicos y no metálicos, así mismo considera que las nuevas zonas mineras se encuentran en Piura, Cajamarca, Apurímac, Ancash y Lima específicamente en Canta. (p. 10)

Corcuera (2015) postula que la región de La Libertad es frecuente encontrar mineros informales trabajando dentro de las áreas concesionadas y tituladas a terceros, en caso de cualquier evento producido por los mineros informales es de responsabilidad de titular minero.

### **2.2.8. Impacto medioambiental de la minería**

Oyarzum et al. (2011) describe; es adverso al medio ambiente todo cambio que se lleva a cabo en este, ya que altera las condiciones iniciales, afecta a la flora, fauna, configuración fisiográfica y paisajísticas en menor o mayor grado, la minería es una de las actividades con mayor afectación al medio ambiente y ecosistema, el autor hace mención a los impactos directos donde considera; la emisión de gases, fluidos, ruidos, polvo y visual, en tanto a los impactos indirectos considera los socioeconómicos, expropiaciones, tensión social, etc.

Kuramoto (2001) señala que existen dos causas principales para la ocurrencia de impactos negativos al ambiente; el movimiento de tierras ocasionado por la extracción de los recursos minerales el cual altera la topografía y el relieve de los ecosistemas y la causa de mayor impacto es el proceso de beneficio de los minerales los cuales producen residuos altamente tóxicos ya sea por el insumo utilizado o por la liberación de sustancias químicas como resultado del proceso.

Los malos manejos de estas acciones ocasionan graves consecuencias al ecosistema y al ambiente, perjudicando a la salud humana. Tolmos (2000) como cito Corcuera (2015) agrega otro impacto ambiental negativo producido por las actividades mineras, el autor considera el uso de grandes volúmenes de agua, la cual priva de

disponibilidad hídrica para otros usos particularmente agrícolas y actividades domésticos.

La minería informal y los malos manejos de las mineras formales en las actividades de excavación de minas, remoción de minerales, el proceso y la extracción de metales causan daños ambientales, pudiendo ser extremos, como son; el daño de las tierras de cultivos, favorecer la erosión y contaminación de los cuerpos de agua, en el caso de los procesos de metales estos pueden emitir partículas de dimensiones micrométricas siendo transportas fácilmente por el viento a grandes distancias causando graves problemas de salud a las poblaciones (Volke, Velasco y De la Rosa, 2005, p. 20).

Según Oyarzum et al. (2011) hace referencia que la explotación genera un gran impacto, ya sea en mayor o menor medida alrededor de la explotación, durante toda la etapa de explotación será también donde se podrán producirse escapes accidentales de efluentes tóxicos y otros accidentes que generen impactos mayores. Flores (2016) argumenta uno de los problemas más comunes de la minería es el drenaje ácido, siendo el más caro en remediar, el solo proceso de acidez destruye ambientes acuáticos, mata peces y cualquier vida acuática y transforma el agua en no apta para beber.

### **2.2.9. Contaminación del agua por la actividad minera**

Al respecto Oyarzum et al. (2011) afirma; la actividad minería provoca impactos tanto directos como indirectos, a las condiciones iniciales de las aguas, como lo son los descensos de caudal o desvíos de cauces, así como los impactos menos perceptibles como la alteración de los volúmenes de recarga de agua en los acuíferos o la alteración a los suelos para el flujo del agua superficial hacia los acuíferos (conductividad hidráulica). La minería subterránea o la de cielo abierto, genera un problema con el aprovechamiento del agua.

Así mismo Oyarzum et al. (2011) menciona que las operaciones para la obtención de minerales generan emisiones de gases y efluente químicos, este último se relacionan con la oxidación de sulfuros y la subsecuente lixiviación de metales pesados a partir de escombreras o balsas (relaves) de minera, ya que es una manera de desaguar de estas ya sean subterráneas o a cielo abiertos, generan vertidos a los cauces naturales de agua las mismas que presentan diferentes características

fisicoquímicas a las de las aguas naturales circulantes en el área e incluso tendrán cierta carga metálica.

Al respecto Flores (2016) argumenta que; la contaminación de las aguas se debe a la liberación de contaminantes tóxicos de residuos y obras mineras, el potencial de liberación de estos elementos y el riesgo depende de las condiciones específicas del sitio, donde se incluye el diseño y la operación de la extracción, el procesamiento, gestión los residuos, como también la calidad de las medidas de mitigación, aspectos ambientales y la cercanía a posibles receptores.

Los metales pesados son de toxicidad extrema por que como iones o como ciertos compuestos, son solubles en agua y el organismo los absorbe con facilidad hasta dosis muy pequeñas producen consecuencias fisiológicas o neuronales graves, estas son una amenaza para la salud humana y son acumulados en los ecosistemas. Niveles altos son cancerígenos, se acumulan en la sangre. También eliminan la vida acuática, matando o esterilizando las poblaciones (Flores, 2016).

Los actuales estudios de la calidad de las aguas superficiales se centran en el análisis y evaluación de metales pesados, esto siempre y cuando existan industrial de producción, manufactura, metalúrgicas entre otras; Según Romero (2005) describe como metales pesados a aquellos elementos con una densidad relativa mayor de cuatro o a cinco, localizados en la tabla periódica con números atómico 22 a 34 y 40 a 52, con una respuesta biológica específica, los más comunes son: Cr, Cu, Hg, As, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Zn, Ag, Cd, Pb y Sn. (p. 362).

Un concepto más representativo lo menciona Orozco et al. (2011) el cual señala a los metales pesados como los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no son biodegradables y por su potencial bioacumulación en los organismos vivos, también los denomina contaminantes trazas o en algunos casos como micro contaminantes.

Estas definiciones concuerdan con lo conceptuado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), el cual define a los metales pesados como elementos con pesos atómicos altos, los cuales pueden ser nocivos a los seres vivos en pequeñas concentraciones y tienden a acumularse en la cadena alimenticia.

Romero, Flores y Pacheco (2010) hacen referencia al contenido de metales pesados en los cuerpos de agua tiene dos orígenes ya definidos; el contenido natural y la porción antropogénica. Coincidiendo con lo mencionado por Rodríguez (2001) pero este hace énfasis a la actividad antropogénica principalmente la minería como aportante de metales pesados tanto en el agua como en el aire y suelo.

#### **2.2.10. Normativa ambiental peruana e internacional**

- a) **Ley general del ambiente 28611;** la presente tiene como objetivo establecer los principios y normas básicas para un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como para la conservación de los recursos naturales y de la diversidad biológica, según el artículo 29, establece que la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con las autoridades competentes tiene la potestad de dictar normas transitorias en zonas ambientalmente críticas o afectadas por desastres con el fin de ser recuperadas o superar las situación de emergencia, no excluyendo la aprobación de otras normas, parámetros, guías o directrices y no altera la vigencias de los ECA y LMP que sean aplicable.
- b) **Estándar de Calidad Ambiental;** Como se menciona en la Ley General del Ambiente esta es “La medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos sustancias o parámetros físicos, químicos y biológico, presente el agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas y del ambiente” (MINAM, 2012 y ANA, 2017). Este es de aplicación en todos los instrumentos ambientales.
- c) **Estándar de Calidad Ambiental para Agua;** se aprobó mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, teniendo como objetivo primordial de; “establecer el nivel de concentración o grado de elementos o sustancias o parámetros físicos químicos y biológicos presente en el agua en su condición de cuerpo receptor y componentes básicos de los ecosistemas acuáticos, que no represente riegos significativos para la salud de las personas ni para el ambiente”. Lo mencionado por la presente norma es de aplicación en todo el cuerpo de agua dentro del territorio nacional en su estado natural y cumplimiento en todos los instrumentos ambientales, actualmente el estándar de calidad del agua está reglamentado por el Decreto Supremo N° 004-2017-

MINAM, el cual compila las disposiciones aprobadas por los D.S. N° 002-2008-MINAM, D.S. N° 023-2009-MINAM y el D.S. N° 015-2015-MINAM. El D.S. N° 004-2017-MINAM, lo divide en cuatro categorías, así como en subcategorías.

**Categoría 1: Población y Recreacional:**

- ✓ Sub-Categoría: Aguas superficiales destinadas a la producción del agua potable:
  - A1: Aguas que se pueden ser potabilizadas con desinfección.
  - A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
  - A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzados.
- ✓ Sub-Categoría: Aguas superficiales destinadas para recreación:
  - B1: Contacto primario.
  - B2: Contacto secundario.

**Categoría 2: Extracción, cultivos y otras actividades costeras y continentales:**

- C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras.
- C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en agua marino costeras.
- C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras.
- C4: Extracción de cultivos de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas.

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales:**

- D1: Riego de vegetales
- D2: Bebidas de animales

**Categoría 4: Conservación del medio acuático:**

- E1: Lagunas y lagos
- E2: Ríos de la costa, sierra y selva
- E3: Ecosistemas costero y marinos (Estuarios y marinos)

Tabla 8  
*Estándar de calidad ambiental para agua – Categoría 3: Riego de vegetales*

Parámetros	Unidad de medida	Riego no restringido	Riego restringido
Físico – químicos			
Aceites y Grasas	mg/L	5	
Bicarbonatos	mg/L	518	
Cianuro Wad	mg/L	0.1	
Cloruros	mg/L	500	
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	
Conductividad	µS/cm	2500	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2	
Fenoles	mg/L	0.002	
Fluoruros	mg/L	1	
Nitratos + Nitritos	mg/L	100	
Nitritos	mg/L	10	
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥ 4	
Potencial de hidrógeno (pH)	Unid. pH	6.5 - 8.5	
Sulfatos	mg/L	1000	
Temperatura	°C	Δ 3	

Fuente: D.S. 004-2017 MINAM.

Tabla 9  
*Estándar de calidad ambiental para agua – Categoría 3: Riego de vegetales*

Parámetros	Unidad de medida	Riego no restringido	Riego restringido
Inorgánicos			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0.1	
Bario	mg/L	0.7	
Berilio	mg/L	0.1	
Boro	mg/L	1	
Cadmio	mg/L	0.01	
Cobre	mg/L	0.2	
Cobalto	mg/L	0.05	
Cromo total	mg/L	0.1	
Hierro	mg/L	5	
Litio	mg/L	2.5	
Magnesio	mg/L	**	
Manganeso	mg/L	0.2	
Mercurio	mg/L	0.001	
Níquel	mg/L	0.2	
Plomo	mg/L	0.05	
Selenio	mg/L	0.02	
Zinc	mg/L	2	

Parámetros	Unidad de medida	Riego no restringido	Riego restringido
Inorgánicos			
Orgánicos			
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L		0.04
Plaguicidas			
Parathión	µg/L		35
Organoclorados			
Aldrín	µg/L		0.004
Clordano	µg/L		0.006
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L		0.001
Diendrín	µg/L		0.5
Endosulfán	µg/L		0.01
Endrín	µg/L		0.004
Heptacloro y Heptacl. Epoxido	µg/L		0.01
Lindano	µg/L		4
Carbamatos			
Aldicarb	µg/L		1

Fuente: D.S. 004-2017 MINAM, (\*\*) No presenta estándar de calidad.

Tabla 10

*Estándar de calidad ambiental para agua – Categoría 3: Riego de vegetales*

Parámetros	Unidad de medida	Riego no restringido	Riego restringido
Microbiológicos y Parasitológicos			
Coliformes Termotolerantes	µg/L	1000	2000
Escherichia coli	µg/L	1000	**
Huevos de Helmintos	µg/L	1	1

Fuente: D.S. 004-2017 MINAM, (\*\*) No presenta estándar de calidad.

- d) **Criterio de calidad de agua para irrigaciones (EPA);** Según la Guidelines for Water Reuse (2012) de la EPA en cooperación con USAID, siguiendo con el lineamiento y recomendaciones de la FAO en calidad de agua para la agricultura, presenta las concentraciones máximas de calidad de agua para irrigación.

Tabla 11

*Calidad de Agua para irrigaciones – EPA-FAO*

Parámetro	Unidad	Concentración máxima
Aluminio	mg/L	5.0
Arsenio	mg/L	0.1
Berilio	mg/L	0.1
Boro	mg/L	0.75
Cadmio	mg/L	0.01
Cinc	mg/L	2.0
Cloro libre residual	mg/L	< 1.0
Cobalto	mg/L	0.05

Parámetro	Unidad	Concentración máxima
Cobre	mg/L	0.2
Cromo	mg/L	0.1
Fluoruro	mg/L	1.0
Hierro	mg/L	5.0
Litio	mg/L	2.5
Manganeso	mg/L	0.2
Molibdeno	mg/L	0.01
Níquel	mg/L	0.2
pH	mg/L	6.0
Plomo	mg/L	5.0
SDT	mg/L	500 – 2000
Selenio	mg/L	0.02
Vanadio	mg/L	0.1
Coliformes totales	NMP/100 mL	5000
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1000

Fuente: Orozco, 2011., Guidelines for Water Reuse, 2012.

### 2.3 Definiciones conceptuales

- **Calidad de Agua**

Calidad del agua es el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua (Water Quality Assessments, 1996).

- **Estándares de calidad ambiental**

Es el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presente en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (ANA, 2017).

- **Efluentes**

Toda agua residual tratada o líquido que sale de una planta o proceso de tratamiento (ANA, 2017).

- **Lixiviados**

Es el líquido proveniente de los residuos, la cual es formado por reacción, arrastre o percolación, teniendo como contenido sustancias o elementos en suspensión o disueltos, característicos de los mismos residuos (MINAM, 2012).

- **Monitoreo Ambiental**

Enmarca las actividades de recolección, análisis, la evaluación sistemática y comparable de muestras ambientales en un determinado espacio y tiempo (MINAM, 2012).
- **Punto de Monitoreo**

Es la ubicación espacial y geográficamente de un punto donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad del agua en un cuerpo natural de forma periódica, en marco de las actividades de vigilancia (ANA, 2017).
- **Minería Informal**

Son Aquellas actividades mineras que no son legales o formales, no cuentan con instrumentos técnicos aprobados, los informales no operan en zonas prohibidas ni utilizan maquinarias que no corresponden a su categoría (MINAM, 2013).
- **Minería Ilegal**

Es la actividad minera, la cual se realiza en espacios prohibidos, como las riberas de los ríos, lagunas, cabeceras de cuencas y zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas (MINAM, 2013).
- **Contaminante ambiental**

Es toda materia o energía, la cual al incorporarse o actuar con el ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuadas para la salud y bienestar humano y/o generan peligro a los ecosistemas (MINAM, 2012).
- **Contaminación ambiental**

Resultante de la acción y estado del ambiental, donde la introducción por el hombre de contaminantes por encima de las concentraciones y cantidades máximas permitidas toman en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminante en el ambiente natural (MINAM, 2012)
- **Impacto Ambiental**

Es la alteración positiva o negativamente, de uno o más componentes del ambiente, incurridas y/o originadas por las actividades del proyecto, el impacto es cuantificado por la diferencia entre; que habría pasado con la acción y que no habría pasado sin esta (MINAM, 2012).

- **Pasivos Ambientales**

Según la normativa ambiental minera, son pasivos ambientales aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producida por actividades y operaciones mineras, las cuales al presente se encuentran abandonadas o inactivas, constituyendo un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (MINAM, 2004).

## **2.4 Hipótesis de investigación**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Los parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- Los parámetros fisicoquímicos en estudio superan el límite máximo de la normativa internacional, calidad de agua para irrigaciones, durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.
- Los parámetros fisicoquímicos en estudio no presentan variabilidad entre puntos de muestreo en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca durante enero a junio del 2018.
- Los parámetros fisicoquímicos en estudio no presentan variabilidad entre los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

## 2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 12

*Tabla de Operacionalización de las variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente Parámetros fisicoquímicos (X)	Indicador o magnitud de las especies química del agua y sus propiedades físicas.	- Parámetros físicos	- Temperatura(°C) - Conductividad Eléctrica (µS/cm)	- Multiparámetro HANNA
		- Parámetros químicos	- Potencial de Hidrogeno (Unid. pH) Concentración (mg/L) de: - Aluminio - Arsénico - Boro - Cadmio - Cobre - Cromo - Hierro - Manganeso - Mercurio - Plomo	- Potenciómetro OAKTON - Espectrofotómetro (Laboratorio Inspectorate services Perú S.A.C)
Variable dependiente Calidad del agua (Y)	La calidad de agua es relativa y es importante si está a relacionada al tipo de uso.	- Categoría del agua superficial	- ECA riego de vegetales - LM para uso de irrigaciones	- Análisis estadístico

Elaboración: Propia, 2018.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo descriptivo-cuantitativo y retrospectivo, descriptivo-cuantitativo por que se medirán las variables en estudio y se utilizaran técnicas para la recolección de información y medición de variables, será retrospectivo por que se trabajaran con hechos que se dieron en la de realidad durante el tiempo de estudio.

#### **3.1.2 Metodología**

El presente estudio estuvo conformado por medidas cuantitativas obtenidos de medir los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca, se evaluó dos redes hidrológicas, mediante monitoreo periódicos, con el fin de determinar las concentraciones de los elementos físicos y químicos.

#### **3.1.3 Diseño de estudio**

Para el presente trabajo de investigación se realizó en tres etapas los cuales comprendió; la primera etapa consistió en el reconocimiento y seguimientos de los puntos de monitoreo establecido en el estudio ambiental de la unidad minera El Toro, donde se tomó como prioridad los puntos cercanos a las áreas activas de producción agrícola, la muestra para el presente; fueron la quebrada Coigobamba conformado por seis puntos (E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6) y el río Shiracmaca donde se consideró tres puntos (E-7, E-8 y E-9).

La segunda etapa comprende el monitoreo de la calidad de agua superficial de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca (trabajo de campo), teniendo como tiempo de estudio los meses de enero a junio del 2018, en donde el objetivo de esta etapa era obtener los datos de los parámetros físico y químicos; cumpliendo con los lineamientos establecido en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, recolectándose el volumen de agua de agua de acorde al parámetro evaluado y al tipo de metodología del ensayo, finalmente estas muestras fueron analizadas en el laboratorio Inspectorate Services Perú

S.A.C., y los parámetros de campo por la empresa consultora Ecofluidos Ingenieros S.A., cabe mencionar que la información para el presente trabajo de investigación fue obtenidos de los informes mensuales de monitoreo ambiental realizados por esta última.

La tercera etapa (post campo), consiste en las técnicas del procesamiento de la información, la cual se realizó mensualmente, con el fin de obtener los resultados generales del tiempo de estudio, consistió en análisis estadísticos para identificar las variaciones de cada parámetro físico y químicos, finalmente para obtener la calidad de las aguas se realizó análisis de estadístico de confianza para identificar aquellos elementos que superan la normativa nacional e internacional.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Ubicación del área de estudio**

El área de estudio se centra en La quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca ubicados en el distrito de Huamachuco provincia de Sánchez Carrión departamento de La Libertad, estos cuerpos de agua superficial se encuentran dentro de los límites de la cuenca hidrográfica del río Crisnejas y sub cuenca Condebamba Bajo Lanla, (Vicente 2011) entre las paralelas 6°55'31'' y 8°00'38'' de latitud sur y 77°49'54'' y 78°37'33'' de longitud oeste formando parte de las provincias de San Marcos, Cajabamba, Cajamarca del departamento de Cajamarca y Sánchez Carrión del departamento de La Libertad, esta cuenca tienen su origen a la confluencia de los ríos Cajamarca que fluye sus aguas de norte a sur y Condebamba que fluye en dirección opuesta. La cuenca Crisnejas limita por el norte con la intercuenca Alto Marañón IV, por el sur con la cuenca del río Santa, por el este con la intercuenca Alto Marañón V, y por el oeste con las cuencas del río Jequetepeque y Chicama.

La quebrada Coigobamba tiene como nacimiento las filtraciones producto de los factores hidrometeorológicos presente en el área, tiene un aproximado de 3700 metros, este es afluente del río Camish; el río Shiracmaca tiene como afluente a la quebrada Colorado y finalmente el río Camish es afluente del río Shiracmaca como lo son las diferentes quebradas presentes en la zona; quebrada Los Capullos, quebrada los Alisos, quebrada Jaboncillo, quebrada Suro y quebrada El toro, entre otras. La quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca rodean al cerro El Toro donde se desarrolla la minería formal e informal.

### **3.2.2. Área, sector y programa**

- Área: 03 – Ambiental
- Sector: 0302 – Recurso hídrico
- Programa: Calidad del agua

### **3.2.3. Población**

La población está representada por lo el espacio hidrográfico de la subcuenca Condebamba Bajo Lanla, el cual conforma la cuenca Crisnejas.

### **3.2.4. Muestra**

La muestra para el presente fue; la quebrada Coigobamba y el río Shiracmaca, donde se realizó el muestreo de nueve puntos por un periodo de seis meses.

## **3.3. Técnicas de recolección de datos**

Se realizó la verificación y recorrido de los puntos de monitoreo propuestos en el estudio ambiental de la unidad minera El Toro, se pudo identificar los nueve puntos de monitoreo distribuidos en el área de influencia directa del proyecto minero los cuales son utilizadas directamente para el riego de cultivos, estos nueve puntos de muestreo comprenden, seis puntos de muestreo en la quebrada Coigobamba y tres en el río Shiracmaca

Estos puntos cuentan con los criterios básicos de identificación, accesibilidad y representatividad según el criterio que establecen el protocolo de monitoreo de calidad de agua superficial vigente. El muestreo se realizó simultáneamente por un periodo de seis meses, siendo; en la quebrada Coigobamba los puntos E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 y en el río Shiracmaca los puntos E-7, E-8 y E-9.

### **3.3.1 Puntos de muestreos**

Valle (2015) hace mención de la ubicación de los puntos de monitoreo, el cual uno de ellos debe ubicarse en la cabecera de la cuenca, este servirá como punto de referencia, en el caso de la presencia de fuentes contaminantes o descargas de aguas residuales el punto de muestreo debe ubicarse aguas arriba a una distancia suficientemente lejos para no alterar las características naturales de la muestra, se sugiere una distancia de 50 a 100 metros. Para la ubicación del punto de monitoreo aguas debajo de alguna descarga se recomienda una distancia de 100 a 500 metros donde se llega a definir como una zona de mezcla completa del efluente en el cuerpo receptor.

**a) Punto de muestreo E-1**

Este punto de muestreo se ubica en la parte alta de la quebrada Coigobamba a unos 500 metros del caserío Coigobamba Alta. La información que se obtuvo permitió tener en conocimiento de las características que presenta la calidad de las aguas de la parte alta de la quebrada Coigobamba, el recurso hídrico obtenido de acequia (aguas loticas) son producto de los procesos de filtraciones y de los factores meteorológicos presentes en la zona de estudio.

**b) Punto de muestreo E-2**

Este punto de muestreo se ubica en la parte media de la Quebrada Coigobamba, a unos 40 metros de la poza de los patos perteneciente a la unidad minera El Toro, se pudo observar la presencia de residuos sólidos como botellas y plásticos en algunos casos recipientes de pesticidas agrícolas, así mismo se observó la presencia de pastoreo.

**c) Punto de muestreo E-3**

Este punto de muestreo se ubica en la parte media de la quebrada Coigobamba, exactamente a unos 40 metros aguas arriba del puente camino al Caserío de Huangasparate, este punto permite obtener si la calidad del agua presenta alguna alteración, comparando los resultados con los valores obtenidos en el punto E-2, se pudo constatar la presencia de residuos sólidos como botellas y plásticos.

**d) Punto de muestreo E-4**

Este punto de muestreo se ubica en la quebrada Coigobamba exactamente aguas arriba del puente de madera camino al CCPP de Shiracmaca, cerca de este punto (aguas abajo) se pudo observar la presencia socavones de carbón pertenecientes a los mineros artesanales y/o informales, así mismo aguas arriba (500 metros) de este punto hay presencia de minería informal, se constató la presencia de residuos sólidos como botellas de plásticos y vidrio, papeles y cartones.

**e) Punto de muestreo E-5**

Este punto de muestreo se ubica en la quebrada Coigobamba exactamente a unos 100 metros aguas arriba de la curva de carretera camino a la laguna de Sausacocha, la información que se obtuvo permitió tener conocimiento de la

calidad de las aguas del río Camish luego que las aguas de la quebrada Coigobamba sean tributarios a este, se constató la presencia de plásticos en menores cantidades que los puntos aguas arriba.

**f) Punto de muestreo E-6**

Este punto de muestreo se ubica en el río Camish (Considerada aparte baja de la quebrada Coigobamba) exactamente en la acequia a unos 100 metros del desvío de la carretera al CCPP de Shiracmaca la información que se obtuvo de este punto de muestreo permitió conocer las características de río Camish (Parte baja de la quebrada Coigobamba) ya que este río es el colector natural de las diferentes quebradas (quebrada Jaboncillo, quebrada Los alisios, quebrada Los Capullos) que se encuentran cercanas cerro El Toro (zona de minería).

**g) Punto de muestreo E-7**

Este punto de muestreo se ubica en el río Shiracmaca exactamente a unos 10 metros aguas arriba del puente colorado, la información que se obtuvo permitió tener conocimiento de la calidad de las aguas de este río, la cual es tributado por la quebrada colorado, esta misma tienen como nacimiento los procesos de filtraciones en la cabecera de la subcuenca. Se pudo identificar la presencia de plásticos, cartones y papeles, así mismo actividades de pastoreo cercanas a este punto, cabe mencionar que por la cercanía de este punto al caserío El Toro, es usado como lavadero de vehículos.

**h) Punto de muestreo E-8**

Este punto de muestreo se ubica en el río Shiracmaca exactamente ante de la entrada al canal de regadío del centro poblado Shiracmaca, la información obtenida permite evaluar la calidad de las aguas de este río, se pudo identificar la presencia de residuos sólidos como plásticos, vidrios, papeles, cartones y cauchos, además de la presencia de actividades de pastoreo y actividades domésticas por la cercanía de este punto a diferentes caseríos.

**i) Punto de muestreo E-9**

El punto de muestreo E-9 también denominado BN por ubicarse a 150 metros del botadero norte de la unidad minera El toro y de las pozas de lixiviación de los mineros informales y artesanales, se encuentra en la quebrada “El toro”

la cual es tributario al río Shiracmaca. Si bien la zona presenta accesibilidad es agreste en comparación con los demás puntos de monitoreo, a lo largo de los meses de muestreo se identificó un caudal variado.

Tabla 13

*Coordenadas de los puntos de muestreo*

Código	Puntos de Muestreos		Descripción	
	Coordenadas geográficas			
	Latitud	Longitud		
E-1	7°50'49.03''S	78°00'03.40''O	Quebrada Coigobamba	Acequia de almacenamiento de filtraciones – Parte alta de la Quebrada Coigobamba.
E-2	7°50'12.21''S	77°59'48.76''O		A 40 mtrs frente de la poza los patos.
E-3	7°50'07.43''S	77°59'44.43''O		A 40 mtrs agua arriba de puente a Huangasparate.
E-4	7°49'28.57''S	77°59'38.77''O		Aguas arriba del puente de madera camino al CCPP de Shiracmaca.
E-5	7°48'52.49''S	77°59'41.09''O		Aguas arriba de la curva de carretera a Sausacocho.
E-6	7°48'34.35''S	78°00'15.25''O		Acequia en el desvió de la carretera del CCPP de Shiracmaca.
E-7	7°49'57.49''S	78°01'07.95''O	Río Shiracmaca	Aguas arriba del Puente de la quebrada Colorado.
E-8	7°49'09.98''S	78°01'03.92''O		Canal de regadío en el CCPP de Shiracmaca.
E-9	7°49'14.66''S	78°00'50.28''O		Acequia ubicada a 150 metros frente del Botadero Norte (BN).

Elaboración: Propia.

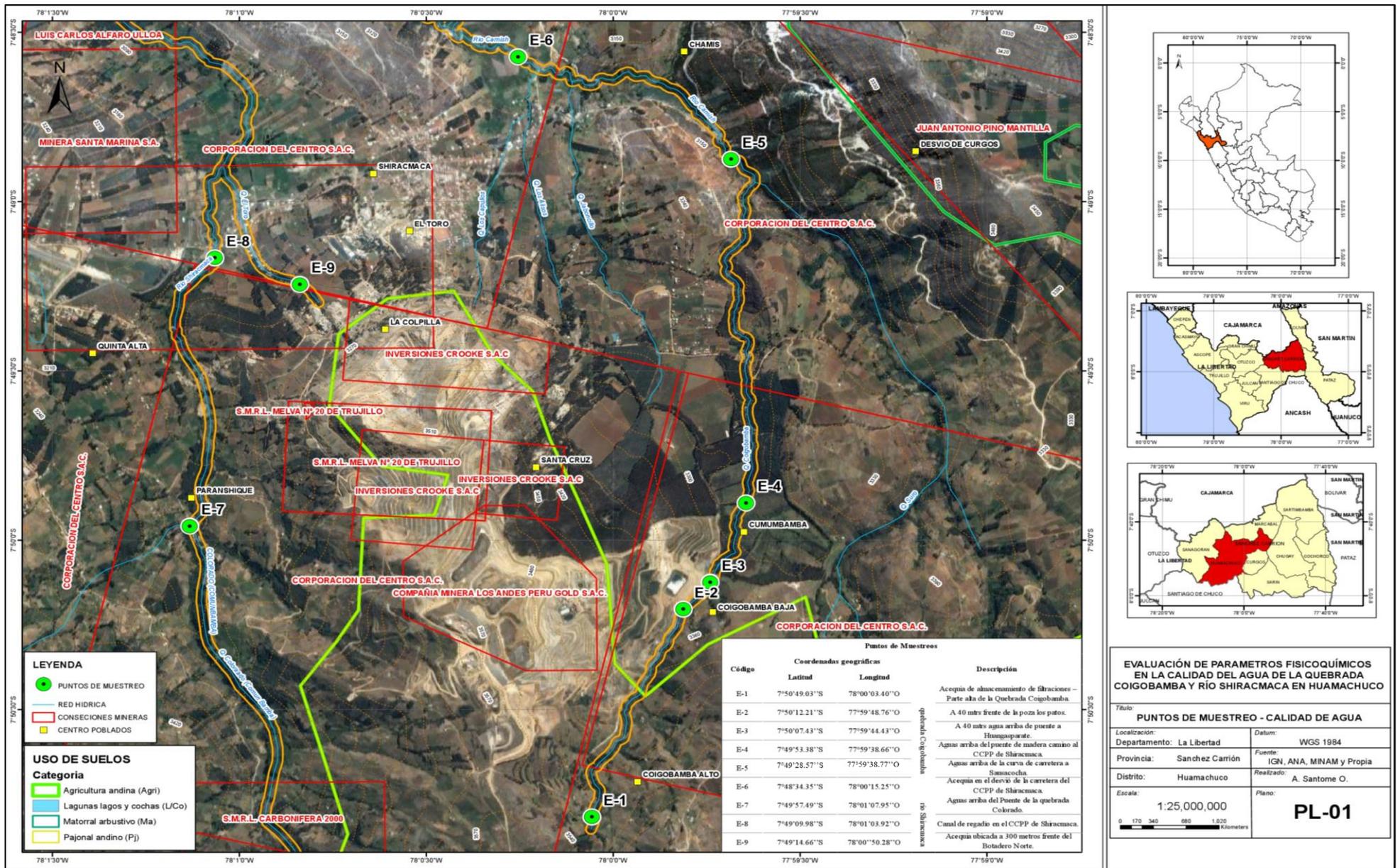


Figura 7. Características generales del área de estudio, Elaboración: Propia.

### **3.3.2 Materiales**

Los materiales utilizados para el muestreo de las aguas superficiales para el presente estudio fueron:

- Frascos de plástico y vidrios rotulados.
- Preservantes.
- Agua destilada.
- Coolers.
- Congelantes (Gel Pack).
- Papel Tissue.
- Bolsas herméticas.
- Libreta de Campo.
- Cadena de custodia.
- Mascarillas.
- Guantes.
- Baldes.
- Cinta adhesiva.
- Plumón indeleble.
- Cámara fotográfica.
- EPPs

Las unidades vehiculares fueron las herramientas que facilitó el traslado del personas y materiales.

### **3.3.3 Descripción de los instrumentos**

#### **a) Cadena de custodia**

Es un documento donde se registra la información para asegurar la integridad y formalidad de la recolección de las muestras hasta el reporte de los resultados por parte del laboratorio acreditado, este es de suma importancia ya que previene cualquier malos manejos de los datos de campo, así como también este incluye la cantidad datos del solicitante, procedencia de las muestras, descripción de las muestras (estación de muestreo, fecha, hora, coordenadas), ensayos solicitados, observaciones de campo, datos de envió, tipo de matriz, equipos de campo utilizados, condiciones de recepción de muestras en el laboratorio y datos de los responsables del muestreo, este

documento de manejo del responsable de campo, la empresa solicitante y el laboratorio.

**b) Potenciómetro**

Instrumento empleado para la medición del parámetro de pH de las aguas superficiales.

**c) Multiparámetro**

Instrumento empleado para la medición de los parámetros de campo tales como Conductividad eléctrica y temperatura de las aguas superficiales.

**d) Sistema de posicionamiento global (GPS)**

Es un sistema que permite determinar la posición de un objeto en la tierra, está compuesto por 24 satélites, el GPS funciona en cualquier condición climática, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día.

### **3.3.4 Técnica empleada para la recolección de muestras del agua**

#### **3.3.4.1. Protocolo de monitoreo de los recursos hídricos superficiales**

Para la investigación se cumplió con lo establecido en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales según la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. La toma de muestra se realizó en nueve puntos durante un periodo de seis meses. Según lo mencionado en el protocolo este tiene como objetivo primordial estandarizar los criterios y procedimientos técnicos, permitiendo minimizar y eliminar errores garantizando la generación de datos e información consistente y confiable.

#### **3.3.4.2. Monitoreo de calidad de agua**

Según lo establecido en protocolo de monitoreo, se requiere una ficha de registro de campo en donde se registra el código del punto de muestreo, así como una descripción del entorno y de las condiciones del terreno, localidad, distrito, provincia y departamento con coordenadas geográficas, así mismo se tomó en cuenta la hora y fecha de muestreo.

#### **3.3.4.3. Selección de parámetros**

Para la selección de los parámetros en el presente estudio, se tuvo en consideración la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales elaborados por la autoridad Nacional de Agua (ANA), donde se identificó que la quebrada

Coigobamba y el río Shiracmaca no se encuentran considerados, por lo que se tomó como referencias al río Crisnejas (categoría III), río y colector principal de la cuenca del mismo nombre, de la misma manera en las salidas previas al muestreo, se pudo constatar la presencia de actividades mineras cercanas a los cuerpos de agua superficiales se identificaron escurrimiento y drenajes provenientes de dichas actividades. Estas dos consideraciones (categoría del agua y actividades) fueron evaluadas y contrastadas con el protocolo de monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales donde presenta los criterios; parámetros de control en función de la actividad generado de las aguas residuales y parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

#### **3.3.4.4. Toma de muestra.**

La etapa de toma muestra es de suma importancia, ya que según la forma y circunstancias de la toma de muestra influye en los resultados analíticos reportados por el laboratorio. Ante de ser llenado los frascos de plástico debe ser enjuago dos veces con el fin de acondicionar y eliminar impurezas dentro de la misma, la toma de la muestra se realizó contra corriente, sin turbulencia, al centro del cuerpo del agua y a una profundidad considerable de 15 o 20 cm. El muestro se realizó desde las estaciones ubicadas en las cabeceras de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca hacia las estaciones ubicadas aguas debajo de estas.

#### **3.3.4.5. Medición de parámetros de campo**

Se realizó la medición de parámetros de campo in situ, el cual se realizó tomando una muestra de recurso hídrico en jarras o si fuera el caso directamente de la fuente. Se realizó la medición de temperatura (T), potencial de hidrogeno (pH), y conductividad eléctrica (C.E).

#### **3.3.4.6. Preservación de muestras de agua**

La preservación de las muestras de agua superficiales tiene la finalidad de estabilizar todos sus componentes y/o retardar los cambios químicos o biológicos del agua colectada, en la tabla 14 se presentan los criterios de preservación de cada parámetro evaluado.

Tabla 14

*Conservación y preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado*

Parámetro	Tipo de recipiente	Volumen mínimo	Condiciones de preservación y almacenamiento	Tiempo de Almacenamiento
pH	Plástico	100 ml	Analizar preferentemente in situ	0.25 horas
Temperatura	Plástico	100 ml	Analizar preferentemente in situ	0.25 horas
Conductividad eléctrica	Plástico	500 ml	Analizar preferentemente in situ	24 horas
Aluminio	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Arsénico	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Boro	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Cadmio	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Cobre	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Cromo	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Hierro	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Manganeso	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses
Mercurio	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	Hg 28 días
Plomo	Plástico	500 ml	Añadir HNO <sub>3</sub> pH < 2.0 (refrigerar a 6°C)	06 meses

Fuente: Inspectorate Services Perú S.A.C.

### 3.3.4.7. Conservación y envío de las muestras

Luego de etiquetado de cada uno de los frascos, así como del embalado de los mismos se procedió a conservar las muestras en cajas térmicas (Coolers) conteniendo Ice pack o Gel pack para su conservación a una temperatura optima según los establecido en el protocolo. Por ultimo las muestras a agua fueron entregadas al laboratorio dentro de las 24 horas de plazo.

### 3.3.4.8. Análisis de muestras

Las muestras fueron procesadas y analizadas en el laboratorio Inspectorate Services Peru S.A.C., laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

Tabla 15

*Especificaciones de ensayo de metales totales – Parámetros químicos inorgánicos*

Ensayo	Norma de referencia
Metales Totales y Disueltos en agua por ICP	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry

Fuente: Inspectorate Services Perú S.A.C.

## 3.4. Técnica para el procesamiento de información

### 3.4.1 Análisis y diseño estadístico

Para el procesamiento de los datos obtenidos, se realizó un análisis estadístico, utilizando medidas estadísticas (Análisis de varianza y prueba de Tukey), para ser representadas en tablas e histogramas, a continuación, se detalla los análisis empleados.

Para el análisis de las fluctuaciones y/o variaciones de cada parámetro fisicoquímico entre los puntos de muestreo (espacial) se procedió a realizar el análisis varianza (ANOVA) con el diseño de bloque al azar, donde se todo al tiempo como bloque, el procesamiento fue con los datos obtenidos de los nueve (09) puntos de muestreo por un periodo de seis (06) meses.

Luego de realizar estos análisis estadísticos, y con el fin de obtener la evolución de la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca e identificar qué puntos no se encuentran asociados estadísticamente por lo que se procedió al análisis mediante el criterio múltiple de Tukey al nivel de  $\alpha = 0.05$ , la cual fue comparada con el Estándar de Calidad Ambiental establecido por el D.S. N° 004-

2017-MINAM, Categoría 3, sub categoría riego de vegetales así como también de la normativa internacional de irrigaciones establecida por la EPA la cual sigue con los lineamientos de la FAO.

### 3.4.2 Análisis de varianza

Fallas (2010) conceptualiza que; el análisis de varianza (ANOVA en inglés) permite comparar las medias de tres o más grupos o tratamientos, este análisis estadístico prueba la hipótesis nula (todas las medias son iguales) y la hipótesis alternativa (que al menos dos de las medias presenten diferencias significativas). Según Quicat (2014), hace mención, cuando se tienen la configuración de datos registrados a lo largo del tiempo, tomados en la misma estación de muestreo, el análisis el análisis de varianza es apropiado para su ejecución debido que este análisis permite disminuir la variabilidad, puesto que las muestras fueron tomadas en la misma unidad experimental.

#### a) Modelo Aditivo lineal

Quilcat (2014) afirma: “La interpretación de esto fuera, si se desea estudiar K Tratamientos los cuales son asignados al azar a “n” unidades experimentales (u.e) y en las cuales han sido medidas p variables respuestas en diferentes periodos” (p. 20). El modelo adiativo lineal será escrito:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$
$$i = 1,2,3,\dots,\tau$$
$$j = 1,2,3,\dots,\beta$$

Dónde:

- $\mu$ : Media general del experimento.
- $\tau_i$ : Efecto de i-ésimo tratamiento
- $\beta_j$ : Efecto del j-ésimo bloque
- $\varepsilon_{ij}$ : error experimental en la unidad j del tratamiento i

Tabla 16  
*Análisis de varianza (ANOVA)*

Fuente de Variabilidad	G.L.	SC	CM	Fcal
Bloque	B-1	SCB	CMB	CMB/CME
Punto de muestreo	P-1	SCP	CMP	CMP/CME
Error	n-1-(B-1)-(P-1)	SCE	CME	
TOTAL	n-1	SCT		

Dónde:

- SC: Suma de cuadrados
- GL: Grado de libertad
- CM: Media de los cuadrados
- F : Coeficiente F
- P : Punto de muestreo
- B: Bloque (tiempo de muestreo)

#### b) Prueba de Tukey

Según el programa estadístico Minitab 2018, la prueba de Tukey se utiliza en el análisis de varianza con el fin de crear intervalos de confianza entre las medias de los niveles de los factores, así mismo Fallas (2012) describe que la prueba de Tukey es similar a la prueba de “t de student” ya que este calcula una única diferencia crítica para realizar la comparación entre las medias, esta prueba es la más usada para comparaciones de las diferentes unidades experimentales. Barón y Telles (2004) sostiene que esta prueba también llamada; Diferencia Honestamente Significativa de Tukey (HSD de Tukey) es una técnica de comparación múltiples y de rangos. Wong (2010) argumenta que esta prueba es la más aplicada y usada, ya que maneja y disminuye los dos errores conocidos en la estadística ( $\alpha$  y  $\beta$ ), la prueba de Tukey permite realizar todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos siendo la más compleja que las pruebas de Dunnet y Duncan. Esta prueba permite identificar cuál de las medias son distintas o están fuera de los intervalos de confianza.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo se representan los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca en Huamachuco por un periodo de seis meses.

En primera instancia se contrastaron los resultados correspondientes al muestreo de las aguas superficiales, estos valores de concentración de los diferentes parámetros fueron analizados por el laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C., además los resultados de los parámetros de campo fueron obtenidos por parte de la unidad minera y la empresa consultora, finalmente se prosiguió con los análisis estadísticos realizados a cada parámetro.

### 4.1. Parámetros físicos

#### 4.1.1. Temperatura

La temperatura de las aguas de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca durante los seis meses de muestreo fluctúan dentro de un rango de 10.10 °C y de 17.70 °C (Tabla 46), este parámetro físico es un indicador de alteración a las aguas superficiales cuando hay presencias de fuentes generadoras de efluentes, pero se ve limitado debido a la influencia factores hidráulicos e hidrometeorológicos del área de estudio.

##### 4.1.1.1. Análisis de varianza para la temperatura

Del análisis de varianza (ANOVA) de los datos de calidad de agua de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca se obtuvo; el parámetro físico de temperatura (Tabla 17), es altamente significativo en relación con nivel alfa ( $\alpha=0.05$ ) para los puntos de muestreo ( $p=0.018$ ) y para el bloque (tiempo de muestreo) con un valor “p” de 0.007.

Tabla 17

*ANOVA para el valor de temperatura del agua*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	29.99	5.998	3.78	0.007
Punto de muestreo	8	34.34	4.292	2.70	0.018
Error	40	63.54	1.589		
Total	53	127.87			

$S= 1.260$ ,  $R^2: 50.31\%$ ,  $R^2$  (ajust.): 34.16%,  $R^2$  (pred.): 9.44%.

Elaboración: Propia.

Según la prueba de Tukey la temperatura (Tabla 18) muestra la agrupación de los valores obtenidos en los nueve puntos de muestreo, confirmando la presencia de diferencia significativa por la presencia de tres intervalos de confianza (asociaciones). El mayor valor promedio obtenido en los puntos de muestreo fue 15.5944 °C, perteneciente al punto E-4 (Aguas arriba del puente de madera camino al CCPP de Shiracmaca.). La tabla 19 de la misma manera presenta tres agrupaciones (asociaciones) teniendo como mayor valor promedio de la temperatura el mes de junio.

Tabla 18

*Agrupación por el método de Tukey – Temperatura/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-4	6	15.5944	A
E-1	6	14.5167	AB
E-8	6	14.2667	AB
E-2	6	14.1667	AB
E-3	6	13.7667	AB
E-9	6	13.7611	AB
E-6	6	13.2500	AB
E-7	6	13.1500	B
E-5	6	12.7833	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

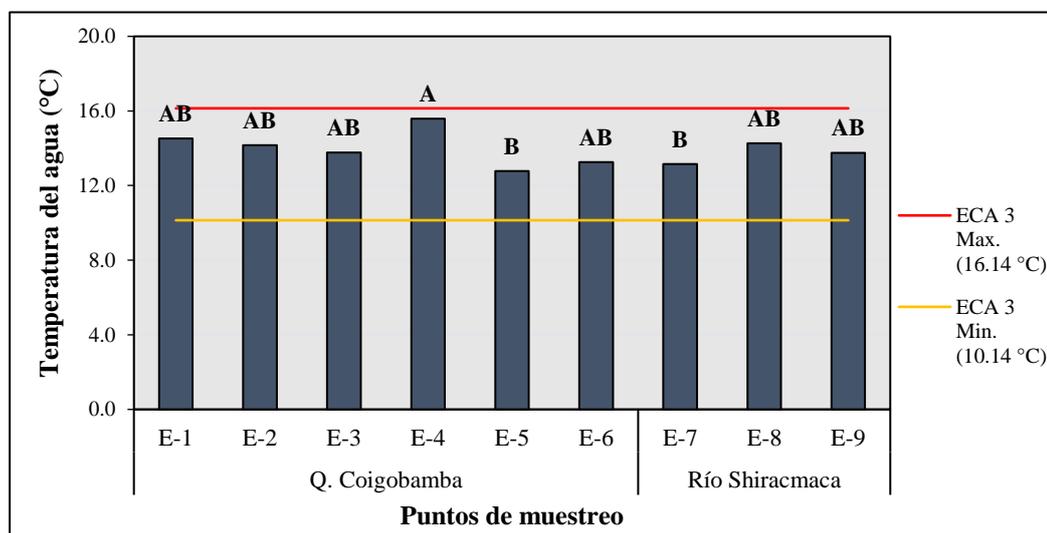


Figura 8. Variación de la temperatura del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

Tabla 19

*Agrupación por el método de Tukey – Temperatura/Bloque*

Tiempo	N	Media	Agrupación
Junio	9	14.9444	A
Marzo	9	14.5444	A
Mayo	9	14.2444	AB
Abril	9	13.7000	AB
Enero	9	13.3296	AB
Febrero	9	12.7407	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

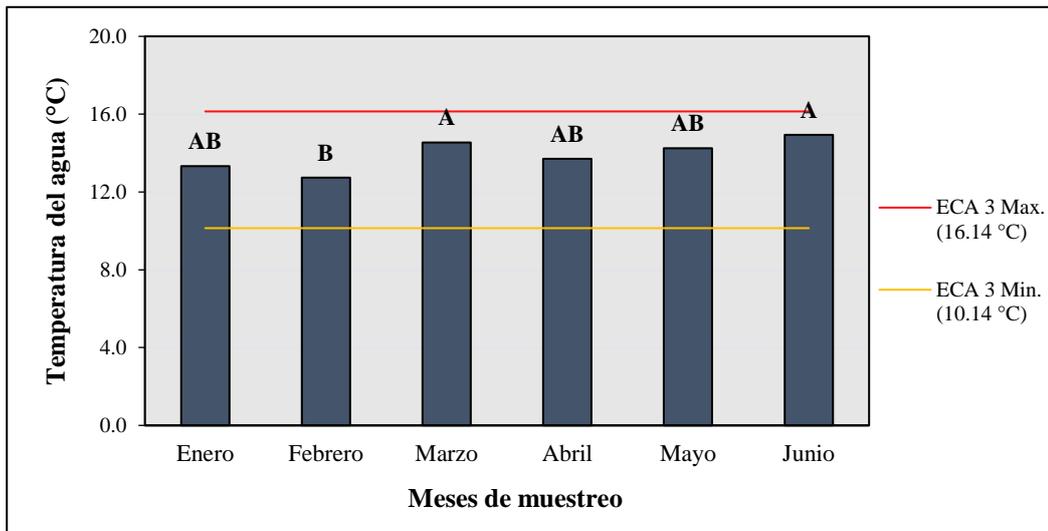


Figura 9. Variación de la temperatura del agua superficial en los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.1.2. Conductividad eléctrica.

La presencia de las sales disueltas en las aguas está representado por la conductividad eléctrica (Tabla 47), se puede comprobar que los valores se encuentran dentro de un rango de 64  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como mínimo y 1478  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como máximo valor, los meses de lluvias (enero, febrero, marzo y abril) presentan mayor conductividad eléctrica que los meses de estiaje (mayo y junio), así mismo se pudo comprobar que los mayores valores se ubican en el punto de muestreo E-9 (botadero norte) perteneciente a la río Shiracmaca.

#### 4.1.2.1. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica.

En la tabla 20 se muestra los resultados del ANOVA, el valor estadístico de la prueba fue;  $p=0.000$  para los puntos de muestreo y  $p=0.027$  para el bloque (tiempo de muestreo), el primero de ello es altamente significativo mientras que el segundo es moderadamente significativo ( $p \leq 0.05$ ), reflejando variabilidades para los dos factores.

Tabla 20  
*ANOVA para la Conductividad Eléctrica*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	41416	8283	2.86	0.027
Punto de muestreo	8	7044750	880594	303.99	0.000
Error	40	115872	2897		
Total	53	7202039			

$S= 53.822$ ,  $R^2: 98.39\%$ ,  $R^2$  (ajust.):  $97.87\%$ ,  $R^2$  (pred.):  $97.07\%$ .

Elaboración: Propia.

De la prueba de Tukey de la conductividad eléctrica (Tabla 21), confirma la presencia de diferencia significativa por la presencia de dos agrupaciones. El mayor valor promedio obtenido en los puntos de muestreo fue  $1274.44 \mu\text{S/cm}$ , perteneciente al punto E-9 (Botadero norte). La tabla 22 presenta tres agrupaciones (asociaciones) teniendo como mayor valor promedio de conductividad eléctrica el mes de febrero ( $285.289 \mu\text{S/cm}$ ).

Tabla 21  
*Agrupación por el método de Tukey – C.E./PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	1274.44	A
E-4	6	153.07	B
E-2	6	140.62	B
E-3	6	131.95	B
E-1	6	127.20	B
E-6	6	120.67	B
E-8	6	119.83	B
E-7	6	119.50	B
E-5	6	96.10	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

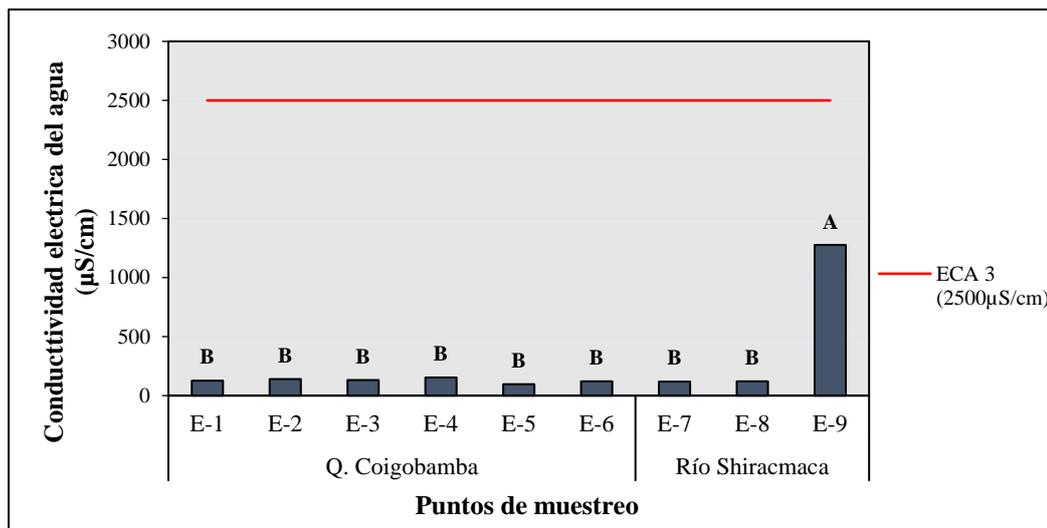


Figura 10. Variación de la conductividad eléctrica del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

Tabla 22

Agrupación por el método de Tukey – C.E./Bloque

Tiempo	N	Media	Agrupación
Febrero	9	285.289	A
Enero	9	278.374	A
Marzo	9	262.556	AB
Mayo	9	248.222	AB
Abril	9	247.478	AB
Junio	9	200.333	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia

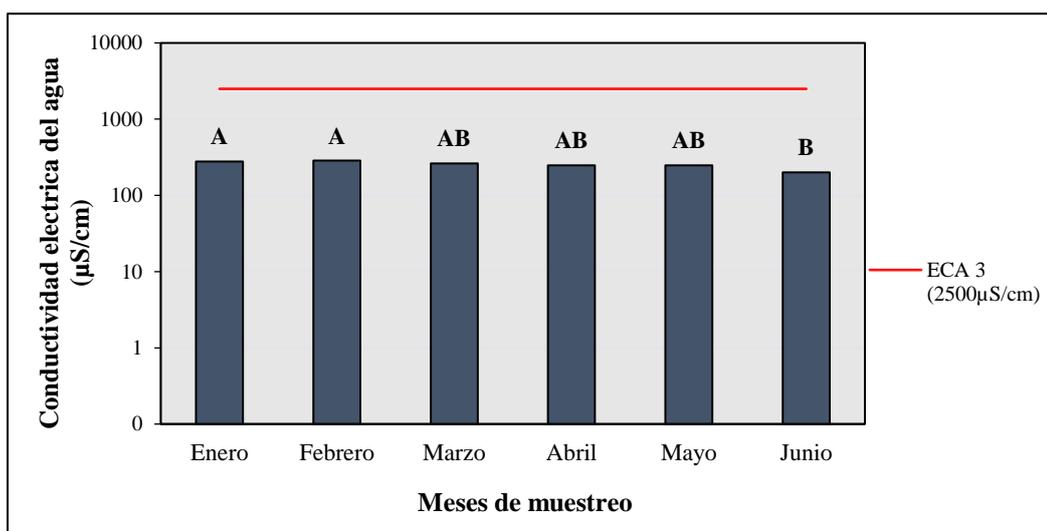


Figura 11. Variación de la conductividad eléctrica del agua superficial en los meses de muestro de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

## 4.2. Parámetros químicos - inorgánicos

Según el estándar de calidad ambiental categoría 3 riegos de vegetales y bebidas de animales, presenta a los parámetros químicos inorgánicos las cuales es conformado por metales pesados, metaloides, cationes y aniones.

La concentración de Al, As, B, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg y Pb en su forma total encontrados en las aguas superficiales, fueron variables en el transcurso del cauce de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca, se pudo visualizar que la presencia de Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg y Pb aumentan en los puntos ubicados en la parte media de la quebrada Coigobamba (E-3, E-4, E-5 y E-6), diferente fue el caso de la concentración de Boro ya que este presenta valores constantes a lo largo del mismo. En el caso del río Shiracmaca el punto E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) presenta concentraciones elevadas de Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg y Pb.

### 4.2.1. Potencial de hidrogeno (pH)

En general el potencial de hidrogeno (Tabla 48) de las aguas la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca presenta fluctuaciones considerables presentando valores que comprenden de 2.60 pH (E-9) y 10.5 pH (E-6), de la misma manera los valores obtenidos presentan fluctuaciones considerables entre meses de muestro, finalmente el punto E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) presenta valores de acidez en los seis meses de muestreo.

#### 4.2.1.1. Análisis de varianza para el potencial de hidrogeno

Del análisis de varianza ANOVA se obtuvo que; el parámetro de pH (Tabla 23), presenta diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en relación con los puntos de muestreo, en tanto a la variabilidad según el bloque (tiempo de muestreo) no representa diferencia significativa ya que el valor obtenido es mayor al nivel de significancia ( $p=0.352$ ).

Tabla 23

*ANOVA para el potencial de hidrogeno (pH)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	4.098	0.8195	1.15	0.352
Punto de muestreo	8	103.844	12.9805	18.18	0.000
Error	40	28.561	0.7140		
Total	53	136.503			

$S = 0.845$ ,  $R^2 = 79.08\%$ ,  $R^2$  (ajust.):  $72.28\%$ ,  $R^2$  (pred.):  $61.78\%$ . Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey del pH (Tabla 24), confirma la presencia de dos agrupaciones (A y B) en los puntos de muestreo, donde el menor valor promedio y el valor no asociado estadísticamente a las medias de los demás puntos de muestreo fue 3.43489 pH perteneciente al punto E-9 (Botadero norte).

Tabla 24

*Agrupación por el método de Tukey - pH/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-5	6	8.35667	A
E-8	6	8.13333	A
E-6	6	7.87333	A
E-1	6	7.69333	A
E-2	6	7.58000	A
E-3	6	7.45667	A
E-7	6	7.25333	A
E-4	6	7.12222	A
E-9	6	3.43489	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

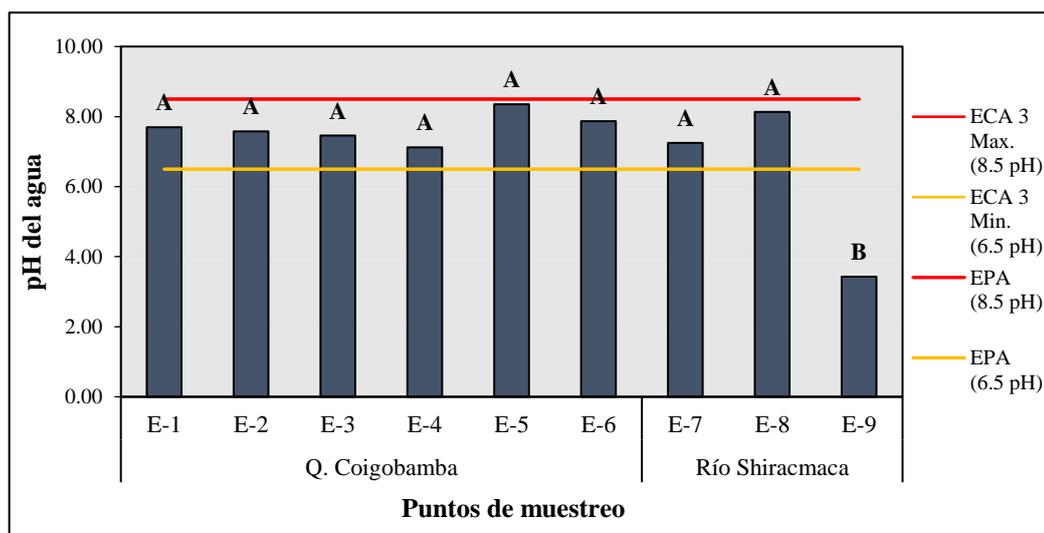


Figura 12. Variación del potencial de hidrogeno del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.2. Aluminio (Al)

La concentración de aluminio total (Tabla 49) obtenido de los puntos de muestreo presenta fluctuaciones a lo largo del cauce de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca, se pudo identificar el aumento de este en la parte media de la quebrada Coigobamba (E-3, E-4 y E-6) en el caso del río Shiracmaca el punto de muestreo E-9 presentó las mayores concentraciones los seis meses de muestreo.

#### 4.2.2.1. Análisis de varianza para aluminio

Del análisis de varianza (ANOVA) se obtuvo que; el contenido de Al (Tabla 25), es altamente significativo ( $p \leq 0.05$ ) entre los puntos de muestreo ( $p = 0.000$ ), en tanto a la variabilidad según el bloque (tiempo de muestreo) no representa diferencia significativa ( $p = 0.423$ ) por ser mayor al grado de significancia ( $\alpha = 0.05$ ).

Tabla 25

*ANOVA para la concentración de Aluminio (Al)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	838	167.6	1.01	0.423
Punto de muestreo	8	103490	12936.3	78.23	0.000
Error	40	6615	165.4		
Total	53	110943			

$S = 12.859$ ,  $R^2$ : 94.04%,  $R^2$  (ajust.): 92.10%,  $R^2$  (pred.): 89.13%.

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey (Tabla 26) confirmó que en el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se obtienen valores promedios que no se encuentran dentro del intervalo de confianza (95%) (Agrupados), teniendo como valor de 140.594 mg/L encontrándose no asociado a las medias medias de los puntos de muestreo.

Tabla 26

*Agrupación por el método de Tukey - Al/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	140.5938	A
E-4	6	2.88920	B
E-8	6	1.83550	B
E-5	6	1.77843	B
E-6	6	1.60370	B
E-3	6	1.19655	B
E-7	6	0.50133	B
E-1	6	0.45323	B
E-2	6	0.27450	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

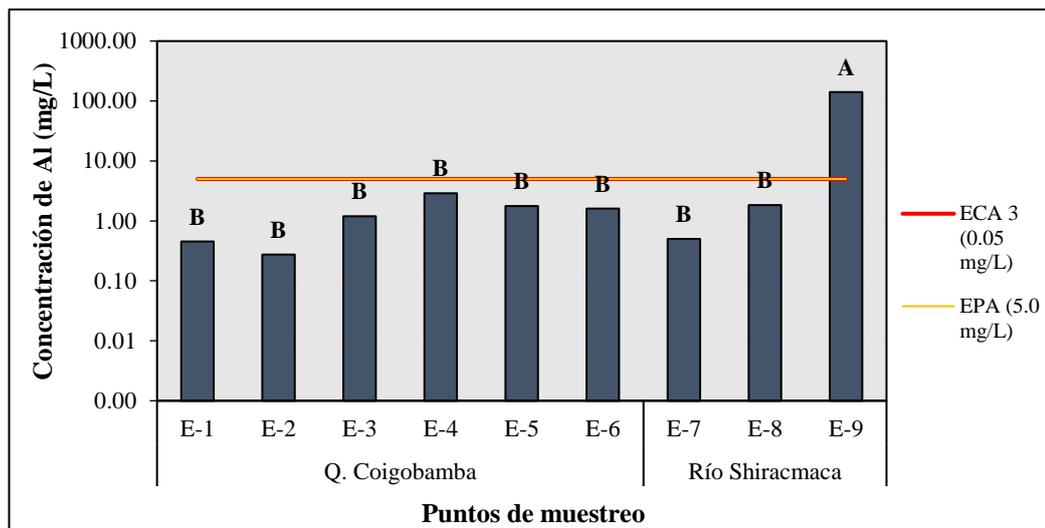


Figura 13. Variación de la concentración de aluminio total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.3. Arsénico (As)

Para la concentración de arsénico total en las aguas superficiales (Tabla 50), presentó un valor mínimo de 0.0004 mg/L (por debajo del Límite de detección de laboratorio), como valor máximo se obtuvo 3.2425 mg/L en el punto de muestreo E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca), de la misma manera presenta fluctuaciones al largo de la quebrada Coigobamba aumentado en su parte media.

##### 4.2.3.1. Análisis de varianza para arsénico (As)

El análisis de varianza ANOVA para el parámetro de arsénico (Tabla 27) demostró la existencia de diferencia significativa ( $p=0.000$ ) ( $p \leq 0.05$ ) entre los nueve puntos de muestreo distribuidos en la quebrada Coigobamba y en el río Shiracmaca, en el caso del bloque (tiempo de muestreo) este no representa diferencia significativa ya que el valor  $p$  obtenido es mayor a la significancia trabajada ( $p=0.444$ ).

Tabla 27

ANOVA para la concentración de Arsénico (As)

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	0.9311	0.1862	0.98	0.444
Punto de muestreo	8	8.4701	1.0588	5.55	0.000
Error	40	7.6260	0.1906		
Total	53	17.0272			

$S=0.437$ ,  $R^2: 55.21\%$ ,  $R^2$  (ajust.): 40.66%,  $R^2$  (pred.): 18.38%.

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey para el parámetro de arsénico para el punto de muestreo (Tabla 28), proporcionó que; el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se encuentra fuera del intervalo de confianza del 95% por lo tanto no asociado a los demás puntos de muestreo teniendo como valor promedio 1.27477 mg/L,

Tabla 28

*Agrupación por el método de Tukey – Arsénico/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	1.27477	A
E-4	6	0.10520	B
E-8	6	0.01382	B
E-5	6	0.01253	B
E-6	6	0.00955	B
E-3	6	0.00388	B
E-7	6	0.00160	B
E-1	6	0.00067	B
E-2	6	0.00062	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

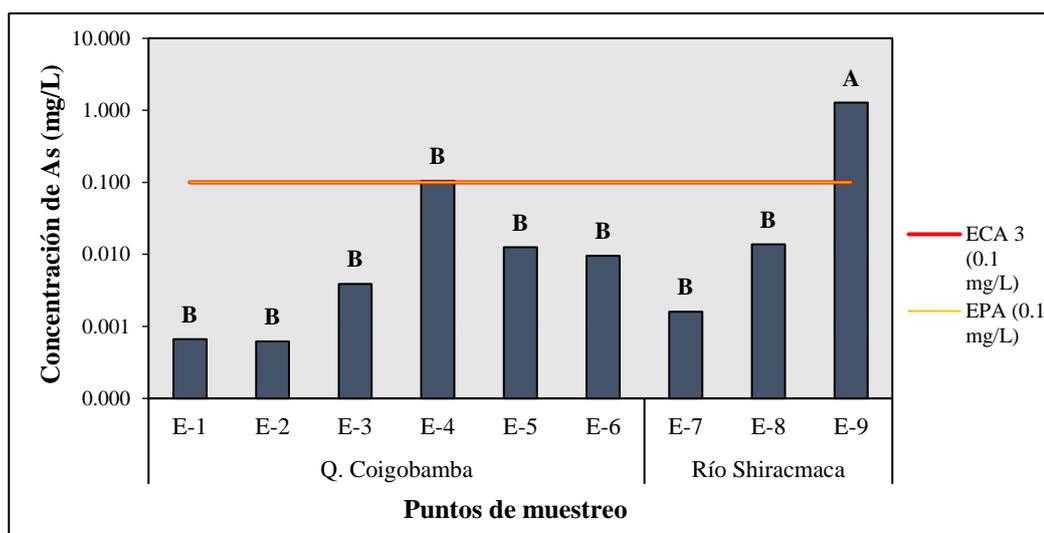


Figura 14. Variación de la concentración de arsénico total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.4. Boro (B)

La concentración de boro obtenido de las aguas superficiales loticas (Tabla 51), no presentan fluctuaciones considerables a lo largo de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca, se registró un valor máximo de 0.0114 mg/L en el punto de muestreo E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) el mes de junio.

#### 4.2.4.1. Análisis de varianza para boro

El análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de boro (Tabla 29) no presentó diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre los nueve puntos de muestreo distribuidos en la quebrada Coigobamba y en el río Shiracmaca, en el caso del bloque (tiempo de muestreo) presenta diferencia significativa ( $p=0.000$ ) ya que el valor obtenido es mayor a la significancia trabajada ( $p \leq 0.05$ ).

Tabla 29

*ANOVA para la concentración de Boro (B)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	0.000212	0.000042	9.88	0.000
Punto de muestreo	8	0.000030	0.000004	0.87	0.548
Error	40	0.000171	0.000004		
Total	53	0.000413			

S= 0.002, R<sup>2</sup>: 58.49%, R<sup>2</sup> (ajust.): 45.00%, R<sup>2</sup> (pred.): 24.35%.

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey para la concentración de boro tanto para el punto y bloque (tiempo de muestreo) (Tabla 30 y 31), proporcionó, todos los puntos de muestreo se encontraron dentro del intervalo de confianza del 95% siendo asociados (A), diferente es el caso para la prueba de Tukey en relación con el bloque (tiempo de muestreo) ya que presentó valores fuera de los intervalos de confianza generando tres tipos de asociaciones y/o agrupaciones.

Tabla 30

*Agrupación por el método de Tukey – Boro/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-8	6	0.00438	A
E-9	6	0.00430	A
E-2	6	0.00418	A
E-1	6	0.00410	A
E-4	6	0.00313	A
E-3	6	0.00295	A
E-5	6	0.00285	A
E-6	6	0.00255	A
E-7	6	0.00250	A

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%

Elaboración: Propia.

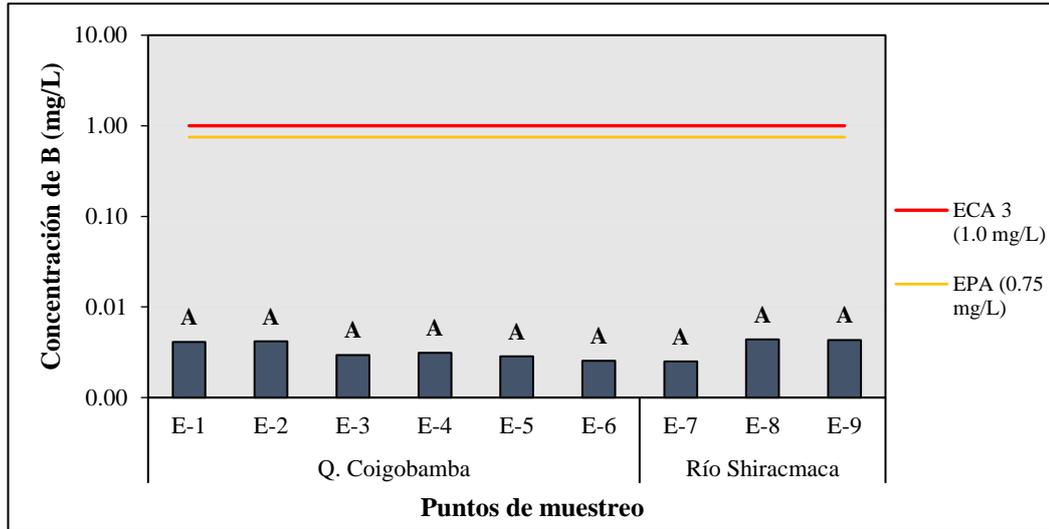


Figura 15. Variación de la concentración de boro total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

Tabla 31

Agrupación por el método de Tukey – Boro/Bloque

Tiempo	N	Media	Agrupación
Enero	9	0.00596	A
Junio	9	0.00581	A
Febrero	9	0.00409	AB
Mayo	9	0.00237	B
Marzo	9	0.00121	B
Abril	9	0.00120	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

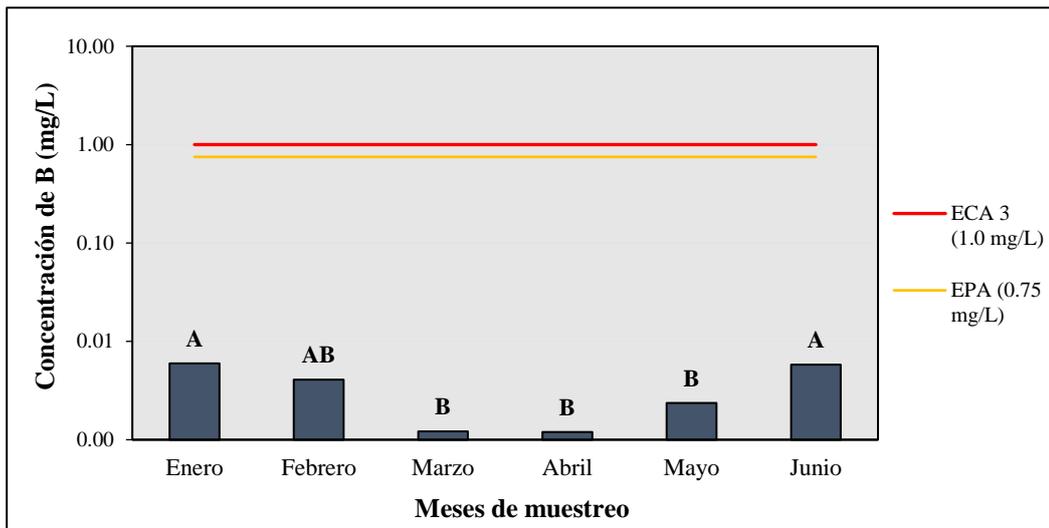


Figura 16. Variación de la concentración de boro total del agua superficial en los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.5. Cadmio (Cd)

La concentración de cadmio (Tabla 52) presentó una máxima concentración de 0.1849 mg/L en el punto de muestreo E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) en el mes de junio, de misma manera el comportamiento de este aumento en la parte media de la quebrada Coigobamba (E-4 y E-5) cercanos a las actividades mineras.

##### 4.2.5.1. Análisis de varianza para cadmio

Del análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de cadmio (Tabla 32) se obtuvo diferencia significativa ( $p=0.000$ ) entre los puntos de muestreo distribuidos en la quebrada Coigobamba y en el río Shiracmaca, demostrando así que cierto número de puntos presentan o presenta variaciones significantes en relación con los demás puntos, para el análisis del boque (tiempo de muestreo) no representa diferencia significativa ( $p=0.433$ ) ya que el valor p obtenido es mayor a la significancia trabajada.

Tabla 32

*ANOVA para la concentración de cadmio (Cd)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Boque	5	0.001094	0.000219	1.00	0.433
Punto de muestreo	8	0.084465	0.010558	48.05	0.000
Error	40	0.008790	0.000220		
Total	53	0.094349			

$S=0.015$ ,  $R^2: 90.68\%$ ,  $R^2$  (ajust.):  $87.66\%$ ,  $R^2$  (pred.):  $83.02\%$ .

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey para el parámetro de cadmio tanto para el punto muestreo (Tabla 33), presentó; el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se encuentra fuera del intervalo de confianza del 95%, teniendo una media de 0.12622 mg/L encontrándose no asociado (A) con las medias de los demás puntos de muestreo.

Tabla 33

*Agrupación por el método de Tukey – Cadmio/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	0.12622	A
E-8	6	0.00075	B
E-4	6	0.00064	B
E-5	6	0.00057	B
E-6	6	0.00023	B
E-3	6	0.00023	B
E-1	6	0.00020	B

Estación	N	Media	Agrupación
E-7	6	0.00020	B
E-2	6	0.00020	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

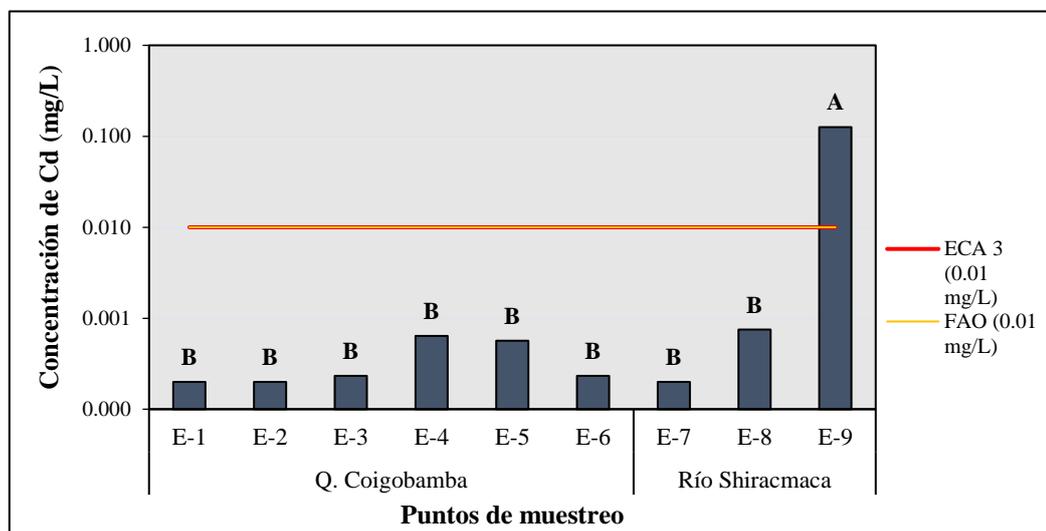


Figura 17. Variación de la concentración de cadmio total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.6. Cobre (Cu)

La máxima concentración de cobre total (Tabla 53) fue 39.6574 mg/L obtenida en el punto de muestreo E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) en el mes de junio, además de presentar las mayores concentraciones en los seis meses de muestre, en el caso de la mínima concentración de este parámetro fue menor al límite de detección del laboratorio. Finalmente cabe mencionar que la concentración de cobre total aumenta en la parte media de la quebrada Coigobamba y presenta las menores concentraciones en las partes alta de la misma.

##### 4.2.6.1. Análisis de varianza para cobre

Según lo obtenido del análisis de varianza (ANOVA), para el parámetro de cobre (Tabla 34), existe diferencia significativa ( $p=0.000$ ) ( $p \leq 0.05$ ) entre los puntos de muestreo, para el caso del valor de “p” del bloque (tiempo o meses de muestreo) no presenta diferencia significativa ( $p=0.423$ ) ya que se obtuvo un valor mayor al nivel de significancia.

Tabla 34  
ANOVA para la concentración de cobre (Cu)

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	83.09	16.62	1.01	0.423
Punto de muestreo	8	3314.72	414.34	25.26	0.000
Error	40	656.21	16.41		
Total	53	4054.02			

S= 4.050, R<sup>2</sup>: 83.81%, R<sup>2</sup> (ajust.): 78.55%, R<sup>2</sup> (pred.): 70.50%.

Elaboración: Propia.

De la prueba de Tukey aplicada al parámetro de cobre tanto para los puntos de muestreo (Tabla 35), presentó; el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se encuentra fuera del intervalo de confianza del 95%, encontrándose no asociado con las medias del resto de puntos de muestreo distribuidos en el área de estudio.

Tabla 35  
Agrupación por el método de Tukey – Cobre/PuntoM

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	24.95563	A
E-8	6	0.09973	B
E-4	6	0.04097	B
E-5	6	0.03872	B
E-6	6	0.01117	B
E-3	6	0.00758	B
E-1	6	0.00295	B
E-2	6	0.00242	B
E-7	6	0.00200	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

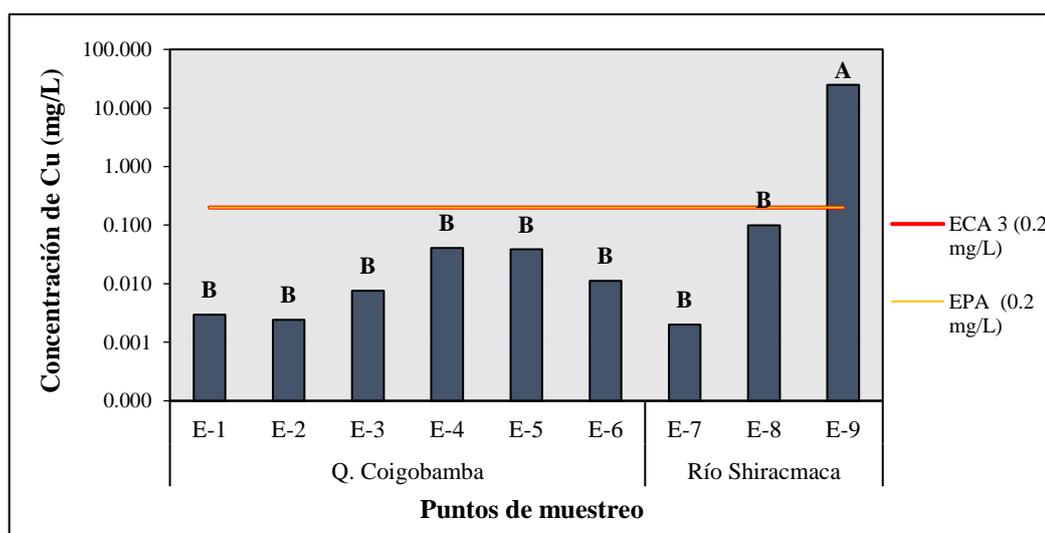


Figura 18. Variación de la concentración de cobre total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.7. Cromo (Cr)

La mayor concentración de cromo total (Tabla 54) registrado durante el tiempo de estudio de la calidad de agua la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca, fue de 0.0451 mg/L obtenido en el punto E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) en el mes de junio. De la misma manera este parámetro presenta variaciones de su contenido en los puntos ubicados en la parte media de la quebrada Coigobamba, así como al ya mencionado punto E-9 en el río Shiracmaca.

##### 4.2.7.1. Análisis de varianza para cromo

El análisis de varianza ANOVA para el contenido de Cr total (Tabla 36) demostró la existencia de diferencia significativa con un valor “p” de 0.000 siendo menor al grado de significancia trabajada ( $\alpha=0.05$ ), en el caso del análisis de varianza del bloque (tiempo de muestreo) este no presentó diferencias significativas ( $p=0.281$ ).

Tabla 36

*ANOVA para la concentración de Cromo total (Cr)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	0.000129	0.000026	1.31	0.281
Punto de muestreo	8	0.004366	0.000546	27.57	0.000
Error	40	0.000792	0.000020		
Total	53	0.005287			

S= 0.004, R<sup>2</sup>: 85.02%, R<sup>2</sup> (ajust.): 80.16%, R<sup>2</sup> (pred.): 72.71%.

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey para el parámetro de cromo total para el punto (Tabla 37), se obtuvo que; el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se encuentra fuera del intervalo de confianza del 95% teniendo una media de 0.02994 mg/L, por tal se encuentra no asociado (A) con el resto de las medidas obtenidas en los demás puntos de muestreo (E-4, E-6, E-5, E-8, E-3, E-1, E-2 y E-7), estas últimas se encuentran asociadas (B) y comparten un mismo intervalo de confianza.

Tabla 37

*Agrupación por el método de Tukey – Cromo (t)/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	0.02994	A
E-4	6	0.00303	B
E-6	6	0.00178	B
E-5	6	0.00173	B
E-8	6	0.00132	B
E-3	6	0.00120	B
E-1	6	0.00078	B
E-2	6	0.00072	B
E-7	6	0.00072	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

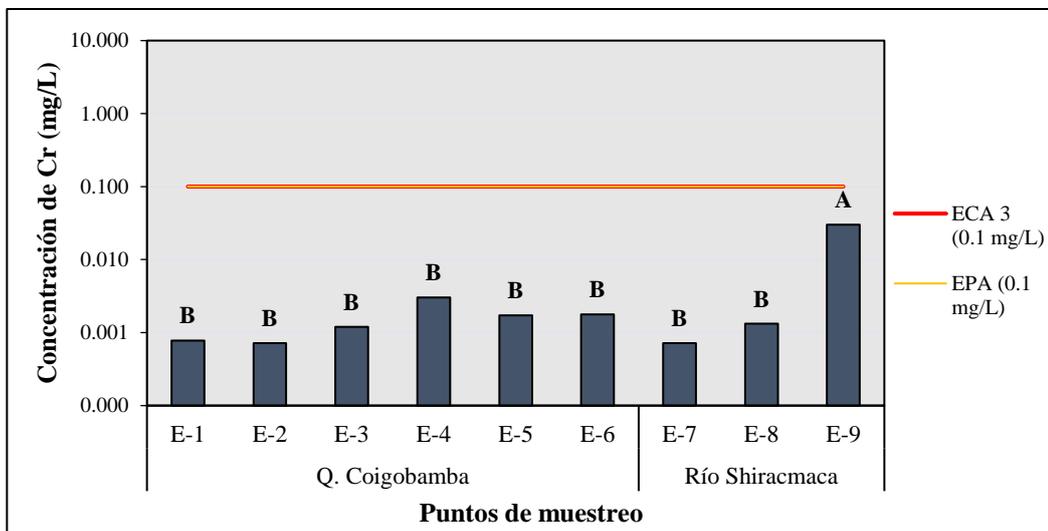


Figura 19. Variación de la concentración de cromo total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.8. Hierro (Fe)

La concentración de hierro (Tabla 56) presentó valores dentro de rango de 0.0552 mg/L como valor mínimo y como máximo valor 404.4780 mg/L en el punto E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) el mes de junio, además de presentar las mayores concentraciones en los seis meses de muestreo. Cabe mencionar que la concentración de hierro aumento en la parte media de la quebrada Coigobamba (E-3, E-4 y E-5) las misma que se ubican cercanas a las actividades mineras.

##### 4.2.8.1. Análisis de varianza para hierro

El análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de arsénico (Tabla 38) nos demostró la presencia de diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los nueve puntos de muestreo distribuidos en la quebrada Coigobamba y en el río Shiracmaca, en el caso

del bloque (tiempo de muestreo), no representó diferencia significativa ya que el valor p obtenido ( $p=0.425$ ) es mayor a la significancia trabajada ( $\alpha=0.05$ ).

Tabla 38

*ANOVA para la concentración de hierro (Fe)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	15520	3104	1.01	0.425
Punto de muestreo	8	169087	21136	6.87	0.000
Error	40	123138	3078		
Total	53	307745			

S= 55.484, R<sup>2</sup>: 59.99%, R<sup>2</sup> (ajust.): 46.98%, R<sup>2</sup> (pred.): 27.08%.

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey para el parámetro de hierro para el punto (Tabla 39), nos proporcionó que; el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se encuentra fuera del intervalo de confianza del 95% teniendo como valor promedio 180.819 mg/L, encontrándose no asociado (A) con el resto de los promedios obtenidos.

Tabla 39

*Agrupación por el método de Tukey – Hierro/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	180.81897	A
E-4	6	10.01237	B
E-6	6	3.82202	B
E-5	6	3.69905	B
E-8	6	2.90295	B
E-3	6	1.82635	B
E-7	6	0.67772	B
E-1	6	0.49570	B
E-2	6	0.43823	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

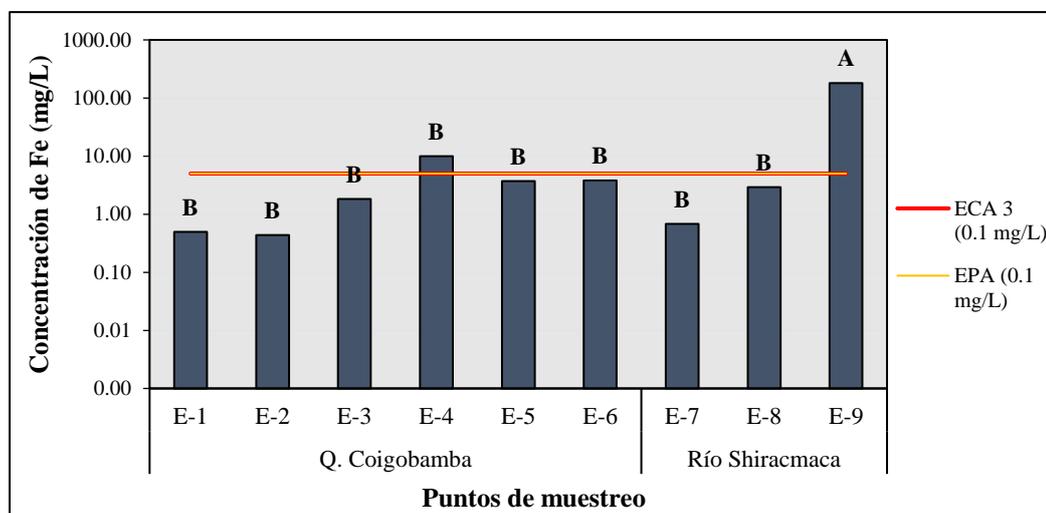


Figura 20. Variación de la concentración de hierro total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.9. Manganeso (Mn)

La concentración de manganeso (Tabla 56) en las aguas superficiales de la quebrada Coigobamba presentó fluctuaciones con respecto a los puntos de muestreo donde se pudo identificar el aumento de este parámetro en la parte media de la quebrada (E-3, E-4, E-5 y E-6), la máxima concentración de manganeso fue de 47.4650 mg/L obtenido en el punto de muestreo E-9 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) en el mes de mayo, así mismo el mencionado punto presenta las mayores concentraciones en los seis meses de muestreo.

##### 4.2.9.1. Análisis de varianza para manganeso

Del análisis de varianza ANOVA de los datos del parámetro de arsénico (Tabla 40) se obtuvo que; es altamente significativo en relación con nivel alfa para los nueve puntos de muestreo ( $p=0.000$ ) (diferencia significativa  $p\leq 0.05$ ), diferente es el caso del análisis de varianza para el boque (tiempo de muestreo) ya que no presentó diferencia significativa teniendo como valor “p” 0.455 siendo es mayor a la significancia trabajada ( $\alpha=0.05$ ).

Tabla 40

*ANOVA para la concentración de manganeso (Mn)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	24.73	4.946	0.96	0.455
Punto de muestreo	8	7755.24	969.405	187.67	0.000
Error	40	206.62	5.166		
Total	53	7986.59			

$S= 2.272$ ,  $R^2: 97.41\%$ ,  $R^2$  (ajust.):  $96.57\%$ ,  $R^2$  (pred.):  $95.28\%$ .

Elaboración: Propia.

La prueba de Tukey para la concentración de manganeso entre los puntos de muestreo (Tabla 41) demostró que el punto E-9 (Botadero norte) no se encuentra asociado al resto de promedios obtenidos, encontrándose fuera del intervalo de confianza de (95%).

Tabla 41

*Agrupación por el método de Tukey – Manganeso/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	38.50217	A
E-4	6	1.00596	B
E-5	6	0.62100	B
E-3	6	0.45865	B
E-6	6	0.39458	B
E-8	6	0.31968	B
E-1	6	0.12222	B
E-2	6	0.06897	B
E-7	6	0.05058	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

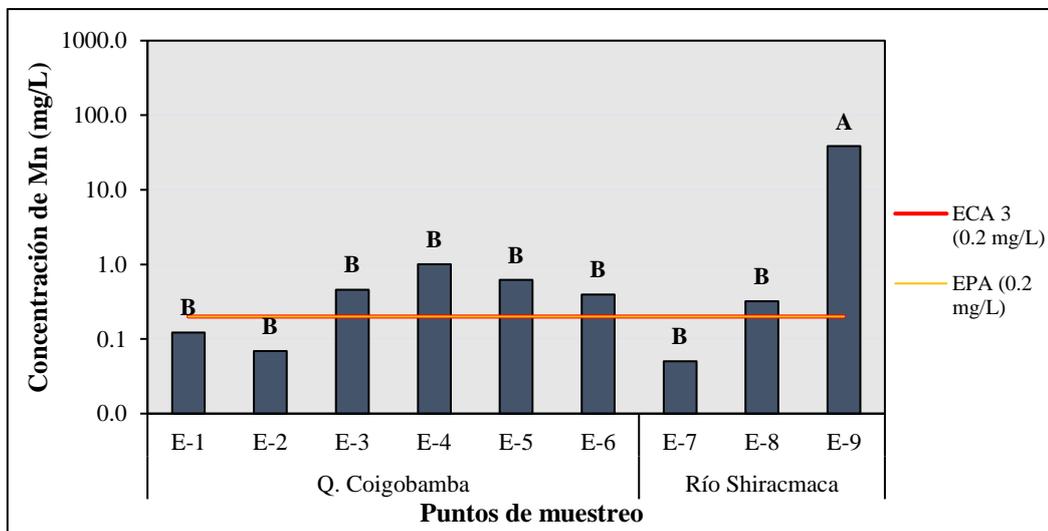


Figura 21. Variación de la concentración de manganeso total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.10. Mercurio (Hg)

La concentración máxima de mercurio total (Tabla 57) fue 0.0039 mg/L obtenida en el punto de muestreo E-4 (botadero norte - afluente al río Shiracmaca) en el mes de marzo, de la misma manera el punto E-9 presentó concentraciones elevadas de mercurio en los meses de marzo y mayo. Cabe mencionar que la mayoría de las concentraciones se encontraron por debajo del límite de detección del laboratorio.

##### 4.2.10.1. Análisis de varianza para mercurio

Se obtuvo del análisis de varianza ANOVA, para el parámetro de mercurio (Tabla 42), la existencia de diferencia significativa entre los nueve puntos de muestreo ya que el valor “p” fue menor 0.05, en tanto el análisis de varianza para el bloque (meses de muestreo) no presentó diferencia significativa.

Tabla 42

*ANOVA para la concentración de Mercurio (Hg)*

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	0.000002	0.000000	0.89	0.497
Punto de muestreo	8	0.000022	0.000003	5.15	0.000
Error	40	0.000021	0.000001		
Total	53	0.000046			

S= 0.007, R<sup>2</sup>: 53.28%, R<sup>2</sup> (ajust.): 38.09%, R<sup>2</sup> (pred.): 14.85%.

Elaboración: Propia.

Conforme a lo obtenido de la prueba de Tukey aplicada al parámetro de mercurio para el (Tabla 43), presento que; los puntos de muestreo E-4 (Puente de madera camino al CCPP de Shiracmaca) y E-9 (Botadero norte) se encontraron no asociados (A) a las medias de los demás puntos de muestreo, estos puntos se encuentran aguas cercanas (aguas abajo) de las actividades mineras. En el caso de los puntos de muestreo E-7, E-4, E-1, E-2, E-6, E-5 y E-3 presentaron asociaciones (B) y comparten el mismo intervalo de confianza.

Tabla 43

*Agrupación por el método de Tukey – Mercurio/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-4	6	0.00170	A
E-9	6	0.00158	A
E-6	6	0.00017	B
E-5	6	0.00010	B
E-1	6	0.00010	B
E-2	6	0.00010	B
E-7	6	0.00010	B
E-8	6	0.00010	B
E-3	6	0.00010	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

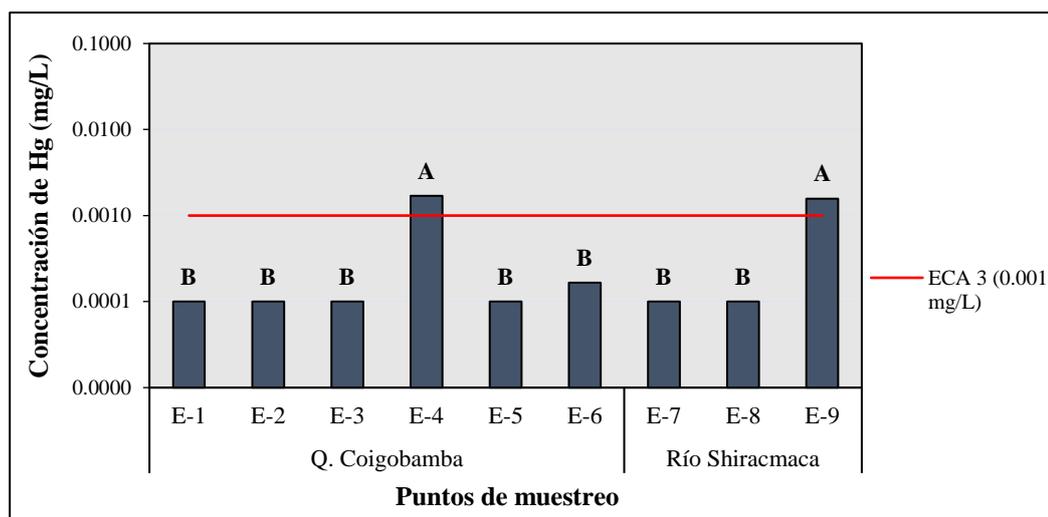


Figura 22. Variación de la concentración de mercurio total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

#### 4.2.11. Plomo (Pb)

El máximo valor de plomo (Tabla 58) registrado en las aguas superficiales fue 0.1264 mg/L obtenido del punto de muestreo E-9 (Botadero norte - afluente del río Shiracmaca) el mes de marzo, como también presentó las mayores concentraciones en los seis meses de muestreo, finalmente se identificó un aumento en los puntos ubicados en la parte media de la quebrada Coigobamba.

##### 4.2.11.1. Análisis de varianza para Plomo

Del análisis de varianza ANOVA para la concentración de plomo (Tabla 44) se obtuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los nueve puntos de muestreo, demostrando así que uno o más puntos presenta variaciones significativas, en caso del bloque (tiempo de muestreo) este no representa diferencia significativa ya que el valor  $p=0.784$ , siendo mayor a la significancia trabajada ( $\alpha=0.05$ ).

Tabla 44

ANOVA para la concentración de Plomo (Pb)

Fuente	G.L.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	5	0.000232	0.000046	0.49	0.784
Punto de muestreo	8	0.043559	0.005445	57.18	0.000
Error	40	0.003809	0.000095		
Total	53	0.047599			

S= 0.009, R<sup>2</sup>: 92.00%, R<sup>2</sup> (ajust.): 89.40%, R<sup>2</sup> (pred.): 85.42%.

Elaboración: Propia.

Según lo obtenido en la prueba de Tukey aplicada al parámetro de plomo tanto para el punto muestreo (Tabla 45) el punto de muestreo E-9 (Botadero norte) se encontró fuera del intervalo de confianza el mismo que presenta una media de 0.09393 mg/L, en tal motivo se encuentra no asociado con las medias de los demás puntos de muestreo.

Tabla 45

*Agrupación por método de Tukey – Plomo/PuntoM*

Estación	N	Media	Agrupación
E-9	6	0.09393	A
E-4	6	0.01626	B
E-8	6	0.00722	B
E-3	6	0.00413	B
E-5	6	0.00323	B
E-6	6	0.00310	B
E-7	6	0.00213	B
E-1	6	0.00090	B
E-2	6	0.00062	B

Método de Tukey con nivel de confianza de 95%.

Elaboración: Propia.

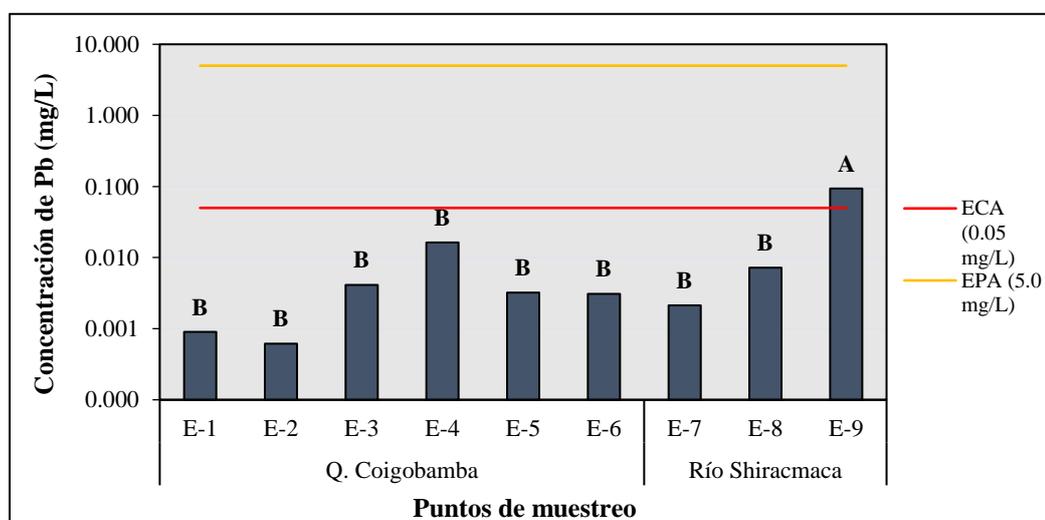


Figura 23. Variación de la concentración de plomo total del agua superficial en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los valores de temperatura se encontraron dentro de intervalo de  $\Delta 3$  de acuerdo con la temperatura promedio anual del ambiente en el área de estudio (Figura 8) cumpliendo con lo propuesto por el ECA para riego de vegetales. La temperatura del agua va aumentando de acuerdo trayectoria, teniendo mayores valores en la parte media de la quebrada Coigobamba punto de muestreo E-4 (15.59 °C) y en la parte media del río Shiracmaca punto E-8 (14.27 °C), esto concuerda con Tevés (2016) quien encontró un comportamiento similar de la temperatura, aumentado su valor de acuerdo con la trayectoria y ubicación de los puntos de muestreo cercanos a las actividades industriales y domésticas (en mayo obtuvo un comportamiento de los puntos E1: 10.9°C, E2: 9.4°C, E3: 13.9°C, E4: 16°C, E5: 19.9°C y E6: 19.3°C; de la misma manera en el mes de junio E1: 9.7°C, E2: 7.2°C, E3: 10.5°C, E4: 12.0°C, E5: 14.5°C y E6: 17.0°C). En la tabla 17 este parámetro presentó diferencia significativa entre los puntos de muestreo y el bloque (tiempo de muestreo), según la prueba de Tukey para los puntos de muestreo (Tabla 18) y bloque (Tabla 19), ambas presentaron tres asociaciones.

Los valores de conductividad eléctrica no superan el ECA (Figura 10), pero presentó mayor promedio en el punto de muestreo E-9 (1274.44  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) el cual se ubica a 150 metros del botadero norte de la unidad minera El Toro y donde presenta lixiviados generados por las actividades mineras informales, otro factor importante lo menciona Teves (2016) quien describe que el comportamiento de la C.E está influenciado por el terreno que atraviesa el recurso hídrico debido a la disolución de las rocas y minerales, ya que la zona de estudio es altamente minera. En la tabla 20 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo y al bloque (meses de muestreo), la tabla 21 presenta la prueba de Tukey entre las medias de los puntos de muestreo donde presentó dos asociaciones donde el punto E-9 se encuentra no asociado con el resto de medias, para el caso del bloque (meses de muestreo) presentó tres asociaciones (A, AB y B) donde las mayores medias ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se dieron en los meses de febrero y enero (meses de lluvias).

Del análisis del parámetro químico de pH (Figura 12) se pudo obtener que el punto E-9 (3.43489 pH) se encuentra por debajo del estándar de calidad ambiental para aguas de riego de vegetales y de la normativa para agua de irrigaciones, debido principalmente por la cercanía de este punto a los drenes del botadero norte de la unidad minera El Toro y de la minería informal asentada en las laderas del mismo, esto concuerda con Corzo (2015), quien en la estación Aruri 1 (río Aruri) aguas debajo del pasivo minero del mismo nombre obtuvo un pH de 5.5. Li (2013) menciona que; los focos de producción de aguas acidas son las actividades mineras provenientes de la acumulación de relaves, de la misma manera menciona que la acidez se produce como resultado de la reacción del agua y el oxígeno con los minerales que contienen azufre, la pirita ( $\text{FeS}_2$ ) es la que produce la oxidación de estos sulfuros formando ácido sulfuro y el ion ferroso.

En caso de los puntos dentro de los rangos establecidos presentaron características neutras y ligeramente alcalinas, no causando alteraciones para el uso agrícola ya que los valores oscilan dentro de 7.12 y 8.35 de pH. Tal como describe Martínez (2003) se debe tener en cuenta la calidad del agua para el uso en los suelos y cultivos (agua-suelo-planta) de la misma manera menciona que las aguas con estas características no implicando a la actividad biológica del suelo, a su estructura ni a la solubilidad de las especies químicas, caso contrario a tener un pH ácido. En la tabla 23 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo en tanto la tabla 24 presentó la prueba de Tukey entre las medias de los puntos de muestreo donde presentó dos asociaciones teniendo a la estación E-9 como no asociado a las medias del resto de puntos.

La figura 13 muestra los resultados del análisis de la concentración de aluminio respectivamente, el punto de muestreo E-9 (140.59 mg/L) supero el estándar de calidad ambiental para riego de vegetales así como también el límite máximo para aguas de irrigaciones, este punto se ubica aguas debajo de los drenes de la unidad minera como también de las actividades mineras informales, Rubio et al (2017) menciona que el Al puede conllevar un peligro cuando se tiene un pH menor a 6.0 en las agua que la contienen, para el presente estudio este elemento presenta un peligro ya que el pH obtenido en este punto (E-9) presentan valores menores a 6.0 pH. Esto coincide con Corzo (2015) quien obtuvo concentraciones que superan el ECA categoría 3 en las estaciones Aruri 1 (0.461 mg/L) y Aruri 2 (0.067 mg/L) las

mismas que se encuentra cercanos a los pasivos minero del mismo nombre. Igualmente se pudo comprobar que la concentración de Al aumenta en la parte media de la quebrada Coigobamba (E-3, E-4 y E-5) y Shiracmaca (E-8), así como la presencia en los diferentes puntos de muestreo. Tevés (2016), hace mención que la presencia de rocas en la trayectoria de las aguas genera turbulencia las cuales ocasionan el levantamiento de sedimentos como feldespatos y piroxenas los mismos que son ricos en aluminio y hierro. En la tabla 25 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de media según la prueba de Tukey (tabla 26).

La concentración de arsénico total en la figura 14 registro valores que oscilan de 0.00062 a 1.27477 (mg/L), el mismo que exceden el ECA para aguas de riego de vegetales y el límite máximo para agua de irrigaciones en los puntos de muestreo E-4 (0.10529 mg/L) y E-9 (1.27477 mg/L) ambos por la cercanías a la minería aurífera, Alvites (2008), menciona que el arsénico es un sub producto de la tostación de menas de oro, los resultados coinciden con los encontrado por Calla (2010) quien reporto concentraciones elevadas de arsénico en las aguas del río Rímac superando los estándares peruanos e internacionales (estándares del estado Oregón) debido por la presencia de actividades mineras quien obtuvo concentraciones máximas de 4.497 mg/L y 1.292 mg/L respectivamente. En la tabla 27 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo según el análisis de varianza (ANOVA), donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (Tabla 28).

La concentración promedio de boro total (Figura 15) obtenida de los nueve puntos de muestreo no supera el ECA para aguas de riego de vegetales ni el L.M para aguas de irrigaciones, de la misma manera la concentración promedios mensuales (Figura 16). Se pudo identificar que los puntos E-1 y E-2 presentan mayor concentración en la quebrada Coigobamba y los puntos E-8 y E-9 en el río Shiracmaca debido principalmente por la composición de los suelos, esto concuerda con Martínez (2003) quien describe que este elemento se encuentra frecuentemente en cantidades excesivas con las sales, en los suelos se encuentra en su forma de borato sódico y como es soluble en el agua se acumula de manera parecida a cualquier otra sal soluble. En la tabla 29 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto

al bloque (meses de muestreo) del diseño según el análisis de varianza (ANOVA) pero no para los puntos de muestreo, se identificó tres clases de asociación (A, AB y B) según la prueba de Tukey donde se obtuvo que los meses de enero y junio presenta mayor concentración (Tabla 31).

La concentración de cadmio total (Figura 17) supera el ECA categoría 3 y el LM en referencia, en el punto de muestreo E-9 (0.12622 mg/L), donde aguas arriba de este se encuentra asentada la minería informal como también los drenes de la unidad minera El Toro, esto coincide con Corzo (2015), quien obtuvo altas concentraciones de cadmio en el punto de muestreo más cercano a los pasivos mineros ubicadas en el río Aruri específicamente en el punto de muestreo Aruri 1 con una concentración representativa de 0.017 mg/L el mismo que es tributario del río Rímac. En la tabla 32 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo según el análisis de varianza (ANOVA), donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (tabla 33).

La concentración de cobre total (Figura 18) supera el ECA para riego de vegetales y el LM para aguas de irrigaciones en el punto de muestreo E-9 (24.9556 mg/L) ubicada a 150 metros del Botadero norte de la unidad minera El Toro como también de las actividades mineras informales, esto se encuentra acorde con lo obtenido por Vega (2012) quien describe que el oro se encuentra asociados a los minerales de plata y del mismo cobre, asimismo pudo identificar concentraciones de cobre total en el río El Toro durante el año 2009 y 2010, en los puntos de muestreo 03 (0.3210 mg/L) y 04 (0.34600 mg/L), las cuales se encuentran cercanos al punto E-9. De la misma manera se pudo identificar la presencia de cobre total en la parte media de la quebrada Coigobamba (E-4 y E-5) y del río Shiracmaca (E-8). En la tabla 34 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de las medias según la prueba de Tukey (tabla 35).

La concentración de cromo total no supero el ECA para riego de vegetales y el LM para aguas de irrigaciones en los nueve puntos de muestreo (Figura 19) esto concuerda con lo que sostiene Calla (2010), en el estudio de “calidad del agua del río Rímac afectado por las actividades mineras” donde reportó concentraciones por debajo del ECA para riego de vegetales y bebidas de animales. De la misma manera

se encuentra acorde con lo citado por Izquierdo y Verastegui (2017) quien encontraron bajas concentraciones de Cromo en las aguas superficiales de la cuenca baja del río Jequetepeque, quien describen que la no presencia de Cr (trivalente) se debe a que este no migra de manera significativa, sino que precipita y se adsorben en partículas en suspensión y sedimentos de fondo. En la tabla 36 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (Tabla 37).

La concentración de hierro total (Figura 20) supera el estándar de calidad ambiental para riego de vegetales y el límite máximo para aguas de irrigaciones en los puntos de muestreo E-4 (10.1237 mg/L) y E-9 (180.81897 mg/L) pudiendo ser por la proximidad de los puntos mencionados a las actividades mineras, esto concuerda con Corzo (2015) quien reportó mayor concentración de hierro cuando los puntos de muestreo se ubican más cercanos a los pasivos mineros (Aruri 1 con una concentración de 1.821 mg/L) superando los estándares ambientales, así como también sostuvo que es debido por la gran cantidad de pirita siendo este el principal producto de drenaje ácidos cuando el sulfuro está expuesto al aire y aguas, de la misma manera concuerda con Vega (2012) quien menciona que las actividades de extracción de oro a menudo están asociadas a minerales de hierro de tipo limonitas elevando así su concentración Fe(t). En la tabla 38 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (tabla 39).

La concentración de manganeso total (Figura 21) supera los estándares de calidad ambiental para riego de vegetales y el límite máximo para aguas de irrigaciones en los puntos E-3 (0.45865 mg/L), E-4 (1.00596 mg/L), E-5 (0.621 mg/L) y E-6 (0.39458 mg/L) ubicados en la parte media y baja de la quebrada Coigobamba y los puntos E-8 (0.31968 mg/L) y E-9 (38.50217 mg/L) en el río Shiracmaca, presentándose mayor concentración en los puntos E-4 y E-9 las cuales se encuentran más próximos a las actividades mineras, esto concuerda con los mencionado por Corzo (2015) quien describe que la mayor concentración de Mn se ubica en la parte alta del río Aruri donde obtuvo una concentración de 1.012 mg/L la cual tiene origen de los pasivos mineros, disminuye aguas abajo. Si bien las estaciones; E-3,

E-5, E-6 y E-8 presentaron concentraciones que superan la normativa, estos se ubican lejanos a las zonas de mayor incidencia de minería informal, la elevada concentración pudo ser ocasionada por la erosión de los suelos ya que la zona presenta suelos altamente mineros, Vega (2012) menciona que estos suelos están conformados por un alto porcentaje de minerales oxidados y sulfuros de cobre, esto concuerda con Matteoda et al. (2010) que en el análisis de sedimentos de origen eólico y fluvial arrojó valores de 0,08% y 0.23% de MnO considerándolo como la fuente natural de aporte de Mn en las aguas superficiales, pero da mayor hincapié a que la presencia de este elemento en valores anómalos se deben principalmente por las actividades antrópicas. En la tabla 40 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo según el análisis de varianza (ANOVA), donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (Tabla 41).

La figura 22 presenta la concentración promedio de mercurio por cada punto de muestreo, donde se pudo identificar que los puntos E-4 (quebrada –Coigobamba) y E-9 (tributario del río Shiracmaca) superan los 0.001 mg/L establecido por el estándar de calidad ambiental para riego de vegetales, con concentraciones de 0.00170 mg/L y 0.00158 mg/L respectivamente, debido principalmente por la cercanía de estos puntos a las actividades mineras, ya que el primero de ellos se ubica a 150 metros aguas debajo de los mineros informales asentados en la quebrada Coigobamba en tanto el segundo punto se ubicada aguas abajo del botadero norte de la unidad minera El Toro y de los lixiviados generados por la minería informal, esto no concuerda con Vega (2012) quien en el estudio de metales pesados en el río El Toro durante el año 2009 y 2010, obtuvo que la concentración de Hg en los puntos de muestreo 03 (0.00075 mg/L) y 04 (0.00073 mg/L), las mismas se encuentra cercanos al punto E-9, no superan el Límite Máximo permisible (LMP) para clase de agua III, según lo propuesto por la ley general de aguas (D.L. N° 17752). Lo que da a entender que la presencia de la minería informal ha tenido un aumento significativo o las mineras formales actualmente se encuentran realizando malas operaciones para la extracción del mineral. En la tabla 42 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo según lo obtenido del análisis de varianza (ANOVA), donde se identificó que el punto de E-

9 y E-4 (en ese orden) se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (Tabla 43).

La concentración de plomo total (Figura 23) no supera el límite máximo para aguas de irrigaciones (5.0 mg/L), pero supera el estándar de calidad ambiental para riego (0.05 mg/L) en punto de muestreo E-9, debido principalmente por su cercanía al botadero norte de la unidad minera El Toro como también de los lixiviados generados por la minería informal y artesanal asentada en las laderas del cerro en mención. Esto concuerda con Calla (2010) quien obtuvo mayores concentraciones de plomo en los puntos cercanos a las operaciones de la minera San Juan (0.164 mg/L y 0.514 mg/L) y Coricancha en el sector de San Mateo (0.31 mg/L y 0.504 mg/L) parte alta de la cuenca del río Rímac superando el ECA categoría 3. En la tabla 44 este parámetro presentó diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo según lo obtenido del análisis de varianza (ANOVA), donde se identificó que el punto de E-9 se encuentra no asociado con el resto de los promedios según la prueba de Tukey (Tabla 45).

En general, de los parámetros químicos inorgánicos, se obtuvo que las concentraciones de Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg y Pb, superaron el estándar de calidad ambiental para agua de riego y los límites máximos para agua de irrigaciones (excepto la concentración de plomo) en el punto de muestreo E-9 (botadero norte) correspondiente al río Shiracmaca, lo expresado anteriormente concuerda con Vega (2012) quien señala que el incremento de metales pesados se podrían dar debido a que se encuentra después de la zona de influencia y el río recibe varios afluentes provenientes del cerro El Toro. Y con Calla (2010) quien determina que las actividades mineras y las presencias de sus pasivos ambientales son los dos factores principales para la alteración de las fuentes de aguas por la presencia de metales pesados en los lixiviados de las relaveras y bocaminas.

Del análisis de los puntos de muestreo se puede identificar el incremento del contenido de metales pesados en relación a los puntos ubicados en la naciente de las quebradas, se debe a la presencia de actividades antropogénicas en la parte media y baja de la quebrada Coigobamba y del río Shiracmaca, esto guarda relación con lo mencionado por Espíritu (2010) en el estudio de evaluación de la calidad del agua del río Rímac, quien sostiene; que ciertos puntos ubicados en la parte alta del Rímac tienen áreas con una menor cantidad de población y actividades económicas

que los puntos ubicados en la parte baja, eso influyen directamente en la calidad de las aguas superficiales.

De la misma manera se puede identificar que la concentración de los parámetros químicos inorgánicos disminuye en los puntos ubicados aguas abajo (en caso de la quebrada Coigobamba). Citando a Corzo (2015) quien se realizó la pregunta; ¿Dónde quedan estos elementos?; lo más probable es que los procesos físicos y químicos, la sedimentación y la dilución sean las principales causas para que aguas abajo los elementos disminuyan. Así mismo hace mención que; los metales y metaloides se encuentran disueltos en su forma iónica haciéndose más móviles y biodisponibles agudizando el riesgo de las comunidades que utilizan estas aguas para el riego de cultivos.

Mediante los diferentes análisis estadísticos fue posible establecer que existen marcadas diferencias tanto entre los puntos de muestreo como para el bloque (meses de muestreo) de las aguas superficiales de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. Los resultados del análisis de varianza para las concentraciones de los parámetros físico y químicos, según los reportados en la tabla 59, se aprecia que, excepto el Boro, la gran mayoría de los parámetros mostraron diferencias significativas entre puntos de muestreo (diferencias espaciales). En caso del análisis de varianza para el bloque (meses de muestreo - diferencias temporales) se pudo apreciar que la Temperatura, C.E. y B presentaron diferencias significativas.

Los parámetros de T, C.E, pH, Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg y Pb mostraron diferencias significativas entre los puntos de muestreo esto puede ser debido a la presencia de descargas puntuales a lo largo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca. De la misma manera los parámetros de T, C.E y B presentan diferencias significativas en el bloque (meses de muestreo), pudiendo ser por la presencia estacional de las descargas mineras a las aguas superficiales, esto concuerda con Flores (1997) quien en el estudio de evaluación de la calidad del agua del río San Juan en el estado de Nueva León, donde de igual manera se encontraron diferencias significativas tanto en espacio y tiempo argumentando que es debido a las descargas puntuales y estacionales. Además, el autor identificó que las diferencias temporales son más significativas que las espaciales, a causa de posibles diferencias en los caudales de los ríos, siendo diferente al presente estudio ya que se identificó que las diferencias espaciales son más significativas que las

temporales, pudiendo ser causado por la presencia de descargas y/o alteraciones puntuales del recurso hídrico durante todo el tiempo de muestreo.

Para los parámetros donde se comprobó la presencia de diferencia significativa, se prosiguió con el análisis de la prueba de Tukey para identificar cuál de las medias de los puntos de muestreo se encuentra fuera de los intervalos de confianza (no asociadas), en la tabla 60, se registraron los resultados de la mencionada prueba, en primera instancia se pudo identificar que la estación E-9, presenta mayor valores de los parámetros físico y químicos, dando un total de 11 parámetros ( 1 físico y 10 químicos) de los 13 evaluados, con medias más altas encontrándose no asociadas con los diferentes puntos de muestreo, así mismo los parámetros T, C.E, pH, Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg y Pb presentó de 2 a 3 tipos de asociaciones por lo que confirmo el análisis de varianza (ANOVA). Finalmente, la concentración de B no presenta diferencias significativas ya que todas sus medias se encuentran asociadas (A).

Por otra parte, en la tabla 61 se presenta los resultados de la prueba de Tukey del bloque (meses de muestreo), se observó una tendencia, en el caso de los parámetros físicos no muy marcada, pero para los parámetros químicos inorgánicos sí; donde los primeros meses de muestreo la concentración de los parámetros inorgánicos es baja, debido a la presencia de mayor caudal en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca por la presencia de lluvias, la presencia de mayor concentración promedio de As, Cd, Cu y Fe en los meses de junio y Al, Cr y Mn en los meses de mayo, debido a la época de sequía (estiaje), esto se ajusta a lo mencionado por Flores (1997) quien obtuvo mayor concentración de metales pesados en los meses de estiaje argumentado que en sequia la cantidad de contaminantes en el río es menor aunque su concentración sea mayor. Similar a lo acotado por Tevés (2016) quien menciona que la concentración de los parámetros físicos y químicos en las épocas de lluvias es menor en comparación con los obtenidos en la época de sequía, debido a que las lluvias aumentan los caudales lo cual implica la disminución de la concentración.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

A partir del análisis de los datos obtenidos de la evaluación de los parámetros físicos y químicos de la calidad del agua de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca y de los análisis estadísticos realizados a los mismos, se concluye lo siguiente:

- El parámetro físico tales como temperatura y conductividad eléctrica se encontraron dentro de los intervalos y límites establecidos por el estándar de calidad ambiental para riego de vegetales, en el caso del parámetro químico de pH y de la misma manera los parámetros químicos inorgánicos tales como Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Hg y Pb superaron el ECA para riego de vegetales en el punto de muestreo E-9. Así mismo el Mn supero ECA categoría 3 en los puntos de muestreo E-3, E-4, E-5, E-6 y E-8, con respecto al As, Fe y Hg superaron el ECA en el punto E-4.
- El parámetro físico tales como temperatura y conductividad eléctrica no presentan límites máximos de calidad para aguas de irrigaciones, en tanto el parámetro químico de pH, así como los parámetros químicos inorgánicos tales como Al, As, Cd, Cu, Fe y Mn superaron el Límite Máximo para aguas de irrigaciones en el punto de muestreo E-9. De la misma manera el Mn supero el L.M. en referencia en los puntos de muestreo E-3, E-4, E-5, E-6 y E-8, con respecto al Fe supero el L.M. en el punto E-4.
- Los parámetros físicos de T y C.E y químicos tales como; pH, Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg y Pb presentaron variabilidad entre puntos de muestreo, siendo el punto de E-9 con mayor reportes variabilidad (no asociado), debido principalmente por la presencia puntual de descargas mineras y/o lixiviados al largo del río Shiracmaca.
- Los parámetros físicos presentan variabilidad entre los meses de muestreo, diez de los once parámetros químicos evaluados no presentan variabilidad, salvo el boro (B). La no variabilidad de los parámetros entre los meses de muestreo es debida a que la distribución de los datos de cada parámetro se encuentra asociados.

## 6.2 Recomendaciones

- Realizar periódicamente el monitoreo de la calidad del agua y considerar las quebradas naturales cercanas al área de influencia de las actividades mineras, así como también incluir puntos de muestreos de agua superficial ubicada cerca de los centros poblados.
- Además de los parámetros físicos y químicos considerados, se recomienda complementar dichos parámetros y considerar los parámetros biológicos, las cuales permitirán tener un panorama completo de la contaminación, incluir monitoreos de sedimentos y de recursos hidrobiológico el mismo que es un indicador de impacto hacia fauna acuática y flora.
- Se recomienda realizar estudios más detallados, identificando las múltiples fuentes de contaminación como de las actividades mineras y domésticas, además de realizar estudios de los terrenos agrícolas ubicados en la parte baja del Cerro El Toro, lugares que tienen un mayor grado de incidencia de contaminación por los efluentes mineros.
- A las unidades mineras ubicadas en el cerro El Toro se recomienda implementar sistemas de tratamientos de efluentes industriales, teniendo a la neutralización como la tecnología más económica, utilizando; caliza, cal, bicarbonato de sodio y soda caustica o el uso de tecnologías más eficaces como el intercambio iónico, carbón activado y osmosis inversa, además del cumplimiento de sus instrumentos ambientales.
- A las autoridades de turno, se recomienda realizar sus funciones que corresponden en materia ambiental, así mismo fomentar la formalización de las mineras informales ubicadas en el cerro El Toro, incluyendo la capacitación al personal dedicado a la minería artesanal como también a la población del área de influencia directa e indirecta.

## CAPÍTULO VII: REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA. (2012). Guidelines for Water Reuse (EPA/600/R-12/618). Recuperado de <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf>
- Akport, O. y M. Muchie (2010) Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. International Journal of the Physical Sciences, 5(12), 1807-1817. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/277775724\\_Remediation\\_of\\_heavy\\_metals\\_in\\_drinking\\_water\\_and\\_wastewater\\_treatment\\_systems\\_Processes\\_and\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/277775724_Remediation_of_heavy_metals_in_drinking_water_and_wastewater_treatment_systems_Processes_and_applications)
- Alonso Contreras D. L. (2014). Determinación de arsénico Total y biodisponible en la zona sur occidental del distrito minero de oro California-Vetas en el Departamento de Santander (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Alvites Vigo, S. R. (2008). Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en las aguas del río Huaura y plan de manejo ambiental (tesis de maestría). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Autoridad Nacional de Agua - AAA VI Marañón. (2015). III Monitoreo Participativo de la Calidad del agua superficial de la Cuenca del Río Crisnejas. La Libertad, Perú. Recuperado de <http://sial.munihuamachuco.gob.pe/documentos/iii-monitoreo-participativo-calidad-agua-superficial-cuenca-rio>
- Autoridad Nacional de Agua. (2016). Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/210>
- Autoridad Nacional de Agua. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>

- Autoridad Nacional de Agua. (2017). Guía para la Determinación de la Zona de Mezcla y Evaluación del Impacto del Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas a un Cuerpo Natural de Agua. Lima, Perú. Recuperado de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/guia\\_de\\_la\\_zona\\_de\\_mezcla\\_1\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/guia_de_la_zona_de_mezcla_1_0.pdf)
- Barón López, J. y Télles Montreal, F. (2004). Apuntes de bioestadística. Málaga, España: Universidad de Málaga. Recuperado de <http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap05.pdf>
- Calla LLontop, H. J. (2010). Calidad del agua en la cuenca del río Rímac – Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras (tesis de maestría). Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Campos Gómez, I. (2003). Saneamiento Ambiental. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Recuperado [de https://books.google.com.co/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA120&dq=residuo+organicos#v=onepage&q=residuos%20organicos&f=false](https://books.google.com.co/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA120&dq=residuo+organicos#v=onepage&q=residuos%20organicos&f=false)
- Cánepa de Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano, Manual I: Teoría - Tomo I. En cooperación con la; Organización Panamericana de la Salud y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. Recuperado de [http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1\\_tomo1\\_indice.pdf](http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_indice.pdf)
- Carbonell Barrachina, A. A., Burló Cabonell, F. M. y Mataix Beneyto, J. J. (1995). Arsénico en el sistema suelo y planta. Alicante, España: Universidad de Alicante. Recuperado de: [Arsénico en el sistema suelo-planta by A. Carbonell Barrachina · OverDrive: ebooks, audiobooks, and more for libraries and schools](#)
- Cárdenas Hernández, J. F., Moreno, L. P., Magnitskiy, S.V. (2009). Efecto del mercurio sobre el transporte celular del agua en plantas. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 3(2), 250-261.
- Castillo Ticllacuri, Z. I., y Medina Vivanco, V. (2014). Evaluación especial-temporal de la calidad del agua del río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011 en tres puntos

- de monitoreo (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Casierra Posada, F. y Poveda, J. (2005). La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa. *Agronomía colombiana*, 23(2), 283-289.
- Corcuera Horna, C. A. (2015). Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro El Toro – Huamachuco (tesis de maestría). Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú.
- Corcuera Horna, C. A. y Panta Mesones J. T. (s.f). Estudio de minería informal en el cerro El Toro de Huamachuco. La Libertad, Perú. Recuperado de [https://issuu.com/ann\\_yelita/docs/estudio\\_de\\_la\\_mineria\\_informal\\_en\\_el\\_cerro\\_e\\_l\\_toro](https://issuu.com/ann_yelita/docs/estudio_de_la_mineria_informal_en_el_cerro_e_l_toro)
- Corporación del Centro SAC. (2017). Estudio biológico - Monitoreo ambiental. La Libertad, Perú.
- Corzo Remigio, A. (2015). Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- De Manzanedo Duran, L. B. (2005). La minería artesanal de oro en el Perú vista desde un enfoque organizacional (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú
- Espíritu Limay, C. G. (2010). Evaluación de la calidad del agua del río Rímac mediante el análisis multivariado (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Fallas Gamboa, J. (2010). XLStatistics Análisis estadístico con Excel. Recuperado de [http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE\\_ACADEMICO/Unidad2/complementarias/Xlstat\\_analisis\\_estadistico\\_con\\_excel\\_2010.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE_ACADEMICO/Unidad2/complementarias/Xlstat_analisis_estadistico_con_excel_2010.pdf)
- Fallas Gamboa, J. (2012). Análisis de Varianza. Recuperado de [https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis\\_de\\_varianza\\_2012.pdf](https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf)

- Flores Laureano, J. S. (1997). Evaluación de la calidad del agua del Río San Juan, en el estado de Nueva León (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nueva León, Nueva León, México.
- Flores Lozano, H. H. (2016). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- García Vargas, D. (2006). Efectos Fisiológicos y compartimentación radicular en las plantas de *Zea mays* L. expuestas a la toxicidad por plomo (tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2012). Prospección geoquímica regional al norte del paralelo 8° 00" sur, Cuencas de la vertiente Atlántica. Lima, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/230>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). Censo Nacional 2007. Lima, Perú. Recuperado de: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>
- Isaza Guzmán, G. (2013). Efecto del Plomo sobre la inhibición, germinación y crecimiento del *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. *Biotecnología Vegetal*, 13(3), 2074-8647.
- Izquierdo Ríos, J. L. y Verástegui Hora, S. P. (2017). Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en el agua de la cuenca baja de río Jequetepeque, en relación con los estándares de calidad del agua – categoría 3, Cajamarca 2016 (tesis de pregrado). Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.
- Juárez Soto, H. S. (2006). Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima metropolitana (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Kuramoto Huamán, J. R. (2001, setiembre). La minería artesanal e informal en el Perú. *Mining, Minerals and Sustainable Development*. Recuperado de <https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00731.pdf>
- Li Lin, S. (2013). Medición del potencial de generación de agua acida para un relave en la zona central del Perú y sus necesidades de neutralización (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

- Loaiza Choque L. E. (2016). Evaluación del riesgo ambiental por metales pesados, generados por la actividad minera artesanal en los ríos Quiroz y Chira – Piura por el método de especiación secuencial (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Martínez Cortijo, F. J. (2003). Estudio agronómico y ambiental del riesgo con aguas residuales depuradas en el cultivo de arroz. Aplicación a una línea de riego en el parque natural de la albufera (Valencia) (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Mayorga Moreno, P. (2013). Arsénico en Aguas Subterráneas su transferencia al suelo y a la planta (tesis doctoral). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- Matteoda, M. E., Blarasin, M. T., Damilano, G. y Cabrera, A. E. (2010). Manganeso en aguas subterráneas y superficiales. Relación con valores de fondo natural y actividades antrópicas. Córdoba, Argentina. Research Gate, 1(2010). doi: 10.13140/2.1.4783.6964
- Medina Cruz, G. (octubre, 2013). Realidad de la minería artesanal-informal en el Perú. Instituto de Estudios Social Cristiano. Edición (111), 8-10.
- Mejía Burgis, O. (2016). Contaminación de agua por metales producto de la actividad minera metálica en el río Zaña, Chiclayo – Lambayeque – junio 2014 – abril 2015 (tesis de pregrado). Universidad de Lambayeque, Chiclayo, Perú.
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). Actividad minera en el Perú, presentación Vargas Vargas, V., Lima, Perú. Recuperado de <http://www.ramosdavila.pe/media/Leer-documento-del-MINEM.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). Diálogos Ambientales con la Prensa – Minería Ilegal. Lima, Perú. Recuperado de: [https://www.minam.gob.pe/prensa/wpcontent/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2\\_Minereia\\_ilegal.pdf](https://www.minam.gob.pe/prensa/wpcontent/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2_Minereia_ilegal.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio - Modulo 1: Salud y ambiente. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2486-aprende-a-prevenir-los-efectos-del-mercurio-salud-y-ambiente>

- Ministerio del Ambiente. (2016). Glosario de términos "Sitios Contaminados". Lima, Perú. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/glosario-terminos-sitios-contaminados>
- Orozco Barrenetxe, C., Pérez Serrano, A., González Delgado, N., Rodríguez Vidal, F., Alfayate Blanco, J. M. (2011). Contaminación Ambiental "Una visión desde la química". Madrid, España: Paraninfo S.A. Recuperado de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--una-vision-desde-la-quimica>
- Oyarzun, R., Higuera, P., y Lillo, J. (2011). Minería Ambiental, una introducción a los impactos y su remediación. Madrid, España: Ediciones GEMM – Aula2punto.net. Recuperado: [http://www.aulados.net/GEMM/Libros\\_Manuales/index\\_libros.html](http://www.aulados.net/GEMM/Libros_Manuales/index_libros.html)
- Pablo Alberto, W. (2016). Presencia de boro en las aguas de riego del valle de Calchaquí (Salta, Argentina), variable limitante para la producción agrícola y desarrollo (tesis de maestría). Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.
- Posada Martha, I., Arroyave, M. (2006). Efecto del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales. EIA, 1794-1237.
- Quilcat Ortiz, N. F. (2014). Análisis estadístico de la calidad del agua del Río Santa, en tres paramentos, seis estaciones, enero – junio 2013 (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú.
- Rivera Méndez, Y., Moreno Chacón, E., Herrera Corzo, M. y Romero Angulo, H. (2015). La toxicidad por aluminio (Al<sup>+3</sup>) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola. Palmas, 37(1), 11-23.
- Rodríguez Rosas, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca de Llobregat (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Romero Rojas, J. A. (2005). Calidad del Agua. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, A. A., Flores, S. L., y Pacheco, W. W. (2010). Estudio de la Calidad de agua de la cuenca del río Santa. Instituto de investigaciones FIGMMG, 13(25), 61-69.

- Rubio Arias, H., Ochoa Rivero, J. M., Ortiz Delgado, R. C., Manuel Quintana, R., Saucedo Terán, R. A., y Villalba, M. L. (2017). Calidad de agua en términos físico-químico-metales en tres sitios contrastantes del río Conchos en Chihuahua, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 70(1), 13-22.
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y. y Carlos Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181.
- Servicio Agrícola Ganadero SAG. (2005). Criterios de Calidad de aguas o efluentes para uso en riego. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio ambiente/criterios calidad suelos aguas agricolas/pdf aguas/informe final.pdf>
- Tevés Aguirre, B. M. (2016). Estudio físicoquímico de la calidad del agua del río Caca región Lima (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú
- Valle Pajuelo, S. J. (2015). Evaluación de la contaminación ambiental por vertimientos de aguas residuales a los cuerpos del agua y sus bienes asociados en el valle Chancay-Huaral 2013-2014 (tesis de pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Vega Gonzáles, J. (2012). Nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cu, Hg, As, y Fe) en el río El Toro, distrito de Huamachuco de la provincia Sánchez Carrión durante año 2009 -2010 (tesis de maestría). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Vicente Montalvo, I. (2011). Análisis hidrológico aplicando el sistema de información geográfica y comparación de modelos en la cuenca del río Crisnejas (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Villarreal Huacachi, M. (2016). Calidad de agua del río San Juan, en el departamento de Pasco (tesis de pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Volke Sepúlveda, T., Velasco Trejo, J. y De la Rosa Pérez, D. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: Muestreo y alternativas para su remediación. D.F. México, México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de

[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/\\$FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/$FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf)

Wong González, Eric (2010). Después de un análisis de varianza, ¿qué? Ejemplos en ciencias de alimentos. *Agronomía mesoamericana*, 21(2), 349-356. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v21n02\\_349.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v21n02_349.pdf)

# **ANEXOS**

Tabla 46

Matriz de Consistencia

PLANTAMIENTO DE PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente	Tipo de investigación
¿Cuál de los parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca?	Determinar que parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.	Los parámetros fisicoquímicos en estudio superan el estándar de calidad ambiental para agua de riego de vegetales durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros Físicos químicos</li> </ul>	La investigación es de tipo descriptivo-cuantitativo y retrospectivo, descriptivo-cuantitativo por que se medirán las variables en estudio y se utilizaran técnicas para la recolección de información y medición de variables, será retrospectivo por que se trabajaran con hechos que se dieron en la de realidad durante el tiempo de estudio.
			Variable dependiente	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del agua</li> </ul>	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Indicadores	Población y muestra
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué parámetros fisicoquímicos en estudio superan el límite máximo de la normativa internacional de calidad de agua para irrigaciones, durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca?</li> <li>• ¿los parámetros fisicoquímicos en estudio presentan variabilidad entre puntos de muestreo en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca durante enero a junio del 2018?</li> <li>• ¿Los parámetros fisicoquímicos en estudio presenta variabilidad entre los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar que parámetros fisicoquímicos en estudio superan el límite máximo de la normativa internacional, calidad de agua para irrigaciones, durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.</li> <li>• Determinar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos entre los puntos de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca durante enero a junio del 2018.</li> <li>• Determinar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en estudio entre los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los parámetros fisicoquímicos en estudio superan el límite máximo de la normativa internacional, calidad de agua para irrigaciones, durante el periodo de enero a junio del 2018 en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.</li> <li>• Los parámetros fisicoquímicos en estudio no presentan variabilidad entre puntos de muestreo en la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca durante enero a junio del 2018.</li> <li>• Los parámetros fisicoquímicos en estudio no presentan variabilidad entre los meses de muestreo de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca.</li> </ul>	Indicadores de variables independientes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros físicos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura (°C)</li> <li>- Conductividad eléctrica (µS/cm)</li> </ul> </li> <li>• Parámetros químicos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH (Unid. pH)</li> <li>- Aluminio (mg/L)</li> <li>- Arsénico (mg/L)</li> <li>- Boro (mg/L)</li> <li>- Cadmio (mg/L)</li> <li>- Cobre (mg/L)</li> <li>- Cromo (mg/L)</li> <li>- Hierro (mg/L)</li> <li>- Manganeso (mg/L)</li> <li>- Mercurio (mg/L)</li> <li>- Plomo (mg/L)</li> </ul> </li> </ul> Indicadores de variables dependientes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del agua                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ECA riego de vegetales</li> <li>- FAO uso para irrigaciones</li> </ul> </li> </ul>	Población: Subcuenca Coigobamba Bajo Landa, perteneciente a la cuenca Crisnejas. Muestra; Quebrada Coigobamba y Río Shiracmaca
				Diseño y análisis estadístico
				Se aplicarán técnicas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA) para determinar las fluctuaciones o diferencias significativas de cada parámetro, entre puntos y meses de muestreo. Así mismo con el fin de obtener la evaluación de la calidad de las aguas e identificar qué puntos o que meses no se encuentra asociado, se procederá a realizar el análisis mediante el criterio de Tukey al nivel de $\alpha = 0.05$ , las cuales serán comparadas con el estándar de calidad ambiental para riego de vegetales y de la normativa internacional de calidad de agua para irrigaciones.

Fuente: Plan de tesis.

## Resultados de análisis de los parámetros físico y químicos.

Tabla 47

Resultado de la temperatura (°C) de calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Temperatura (°C)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	13.7	13.7	15.0	13.7	13.5	12.5	10.1	14.5	13.3
Febrero	11.7	11.2	11.6	15.27	11.4	12.5	13.8	13.8	13.4
Marzo	15.7	13.5	13.6	17.7	14.8	13.9	14.1	15.6	12.0
Abril	13.5	13.6	14.6	14.4	13.2	13.1	12.9	13.6	14.4
Mayo	16.8	16.9	13.1	16.0	11.9	12.8	12.9	13.6	14.2
Junio	15.7	16.1	14.7	16.5	11.9	14.7	15.1	14.5	15.3

Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 48

Resultado de conductividad eléctrica (µS/cm) de calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Conductividad eléctrica (µS/cm)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	157.6	196.3	130.0	198.8	131.0	129.0	120.0	120.0	1322.7
Febrero	138.2	112.1	181.7	150.6	71.0	136.0	148.0	152.0	1478.0
Marzo	96.0	156.0	133.0	111.0	88.0	151.0	119.0	121.0	1388.0
Abril	168.4	165.3	141.0	142.0	119.6	128.0	132.0	129.0	1102.0
Mayo	131.0	133.0	142.0	152.0	91.0	99.0	112.0	109.0	1265.0
Junio	72.0	81.0	64.0	164.0	76.0	81.0	86.0	88.0	1091.0

Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 49

Resultado de potencial de hidrogeno de calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	pH (Unid. pH)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	8.4	8.4	8.4	8.1	7.8	6.9	6.9	8.7	3.3
Febrero	6.4	5.9	6.3	6.8	9.7	10.5	6.7	8.4	4.1
Marzo	8.2	7.0	7.0	6.6	7.6	7.4	7.6	7.9	3.3
Abril	7.9	8.1	7.1	5.9	7.6	6.3	7.2	8.1	2.6
Mayo	7.8	8.3	7.6	7.1	8.9	8.4	7.8	8.2	3.3
Junio	7.5	7.8	8.4	8.3	8.5	7.8	7.3	7.5	4.1

Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 50

Concentración de Aluminio total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Aluminio total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.7120	0.0782	1.3006	2.3289	2.4508	1.4709	0.3211	1.9619	117.0122
Febrero	0.2978	0.0966	2.1593	3.0331	0.3278	0.6443	0.3711	0.5188	96.3822
Marzo	0.0751	0.1419	1.0414	3.2445	0.8429	0.9758	0.2821	1.1009	121.3861
Abril	0.9534	0.6526	1.6892	3.5260	3.8806	3.8704	1.6862	3.3344	133.2682
Mayo	0.2365	0.3138	0.7951	4.5330	2.4486	2.2823	0.2263	1.5293	191.8692
Junio	0.4446	0.3639	0.1937	0.6697	0.7199	0.3785	0.1212	2.5677	183.6453

Limite detección: < 0.0010 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 51

Concentración de Arsénico total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Arsénico total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	<0.0004	<0.0004	0.0050	0.0155	0.0035	0.0066	0.0008	0.0083	0.5053
Febrero	0.0006	0.0005	0.0072	0.1331	0.0096	0.0097	0.0039	0.0078	0.0218
Marzo	<0.0004	<0.0004	0.0026	0.1374	0.0073	0.0073	0.0006	0.0041	0.1568
Abril	0.0007	0.0015	0.0041	0.2464	0.0178	0.0174	0.0020	0.0173	1.3373
Mayo	0.0005	0.0005	0.0024	0.0590	0.0140	0.0110	0.0011	0.0177	2.3849
Junio	0.0014	<0.0004	0.0020	0.0398	0.0230	0.0053	0.0012	0.0277	3.2425

Limite detección: < 0.0004 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 52

Concentración de Boro total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Boro total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.0093	0.0082	0.0047	0.0071	0.0078	0.0049	0.0019	0.0064	0.0033
Febrero	0.0042	0.0056	0.0054	0.0032	0.0035	0.0045	0.0018	<0.0012	0.0074
Marzo	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	0.0013
Abril	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012
Mayo	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	0.0046	0.0083	<0.0012
Junio	0.0075	0.0077	0.0040	0.0049	0.0022	0.0023	0.0043	0.0080	0.0114

Limite detección: < 0.0012 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 53

Concentración de Cadmio total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Cadmio total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	<0.0002	<0.0002	0.0004	0.0021	0.0024	0.0004	<0.0002	0.0004	0.1003
Febrero	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0008	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0003	0.0805
Marzo	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0003	0.0863
Abril	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0007	0.1342
Mayo	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0003	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0010	0.1711
Junio	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0018	0.1849

Limite detección: < 0.0002 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 54

Concentración de Cobre total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Cobre total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.0083	0.0069	0.0253	0.1024	0.1897	0.0193	0.0020	0.0159	18.7029
Febrero	0.0031	0.0012	0.0058	0.0533	0.0033	0.0059	0.0023	0.0097	12.0351
Marzo	0.0003	<0.0001	<0.0001	0.0287	0.0037	0.0043	0.0008	0.0169	12.1957
Abril	0.0029	0.0030	0.0063	0.0289	0.0169	0.0208	0.0039	0.0799	31.8778
Mayo	0.0009	0.0017	0.0054	0.0263	0.0128	0.0114	0.0017	0.1718	35.2649
Junio	0.0022	0.0016	0.0026	0.0062	0.0059	0.0053	0.0013	0.3042	39.6574

Limite detección: < 0.0001 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 55

Concentración de Cromo total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Cromo total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.0010	<0.0005	0.0010	0.0012	0.0008	0.0011	0.0007	0.0014	0.0225
Febrero	<0.0005	<0.0005	0.0019	0.0031	0.0015	0.0013	0.0005	0.0005	0.0116
Marzo	<0.0005	<0.0005	0.0011	0.0031	0.0009	0.0009	0.0005	0.0007	0.0234
Abril	0.0015	0.0011	0.0019	0.0049	0.0040	0.0047	0.0014	0.0027	0.0326
Mayo	<0.0005	<0.0005	0.0007	0.0048	0.0025	0.0022	0.0005	0.0008	0.0444
Junio	0.0007	0.0012	0.0006	0.0011	0.0007	0.0005	0.0007	0.0018	0.0451

Limite detección: < 0.0005 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 56

Concentración de Hierro total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Hierro total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.6898	0.1023	1.6554	2.7608	2.2887	2.0791	0.4564	1.9619	82.6423
Febrero	0.1715	0.1823	3.2095	12.7891	1.2249	1.6085	0.6317	0.9096	10.6488
Marzo	0.0552	0.2185	1.4586	9.9630	2.7000	2.7583	0.5127	1.3051	37.4031
Abril	0.7526	0.8076	2.0194	25.6436	10.1071	11.1405	1.5341	6.0249	199.8750
Mayo	0.5643	0.6812	1.4534	7.4617	4.0404	3.4982	0.5468	2.6620	349.8666
Junio	0.7408	0.6375	1.1618	1.4560	1.8332	1.8475	0.3846	4.5542	404.4780

Limite detección: < 0.0015 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 57

Concentración de Manganeseo total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Manganeseo total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.1960	0.0520	0.5450	1.7436	1.8721	0.5246	0.0485	0.1968	34.3303
Febrero	0.1211	0.0474	0.5760	1.1063	0.3493	0.2535	0.0502	0.1505	35.0717
Marzo	0.0065	0.0371	0.432	0.7236	0.2923	0.3893	0.0365	0.1785	30.9767
Abril	0.0704	0.0722	0.3731	0.8516	0.5373	0.5686	0.0857	0.3731	36.9426
Mayo	0.0620	0.0866	0.5144	0.9246	0.4759	0.4343	0.0454	0.3698	47.4650
Junio	0.2773	0.1185	0.3114	0.6861	0.1991	0.1972	0.0372	0.6494	46.2267

Limite detección: < 0.0001 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 58

Concentración de Mercurio total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Mercurio total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0013
Febrero	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0025	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0004
Marzo	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0039	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0021
Abril	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0035	<0.0001	0.0005	<0.0001	<0.0001	0.0013
Mayo	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0037
Junio	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0007

Limite detección: < 0.0001 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 59

Concentración de Plomo total en la calidad de las aguas de la quebrada Coigobamba y río Shiracmaca

	Plomo total (mg/L)								
	Quebrada Coigobamba						Río Shiracmaca		
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
Enero	0.0015	0.0006	0.0037	0.0060	0.0044	0.0043	0.0017	0.0094	0.0857
Febrero	0.0017	0.0009	0.0098	0.0195	0.0013	0.0014	0.0035	0.0042	0.0691
Marzo	0.0002	0.0004	0.0051	0.0250	0.0023	0.0026	0.0009	0.0047	0.1264
Abril	0.0006	0.0007	0.0040	0.0276	0.0059	0.0074	0.0028	0.0098	0.0615
Mayo	0.0002	0.0002	0.0007	0.0168	0.0038	0.0020	0.0010	0.0020	0.1111
Junio	0.0012	0.0009	0.0015	0.0026	0.0017	0.0009	0.0029	0.0132	0.1098

Limite detección: < 0.0001 mg/L., Fuente: Informe de monitoreo – Ecofluidos Ingenieros S.A., Elaboración: Propia.

Tabla 60

Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros físicos y químicos

Parámetro	R <sup>2</sup> (%)	Diferencias espaciales (Puntos)		Diferencias temporales (Bloque)	
		F	P	F	P
Parámetros físicos					
Temperatura	50.31	2.70	0.018	3.78	0.007
Conductividad eléctrica	98.39	303.99	0.000	2.86	0.027
Parámetros químicos					
pH	79.08	18.18	0.000	1.15	0.352
Aluminio	94.04	78.23	0.000	1.01	0.423
Arsénico	55.21	5.55	0.000	0.98	0.444
Boro	58.49	0.87	0.548	9.88	0.000
Cadmio	90.68	48.08	0.000	1.01	0.425
Cobre	83.81	25.26	0.000	1.01	0.423
Cromo	85.02	27.57	0.000	1.31	0.281
Hierro	59.99	6.87	0.000	1.01	0.425
Manganeso	97.41	187.67	0.000	0.96	0.455
Mercurio	53.28	5.15	0.000	0.89	0.497
Plomo	92.00	57.18	0.000	0.49	0.784

Elaboración: Propia., Fuente: Resultado de Minitab 18.

Tabla 61

Resumen de prueba de Tukey de los parámetros físicos y químicos entre puntos de muestreo (espacial)

Parámetros físicos									
Temperatura	15.5944	14.5167	14.2667	14.1667	13.7667	13.7611	13.25	13.15	12.7833
	A(E-4)	AB(E-1)	AB(E-8)	AB(E-2)	AB(E-3)	AB(E-9)	AB(E-6)	B(E-7)	B(E-5)
Conductividad eléctrica	1274.44	153.07	140.62	131.95	127.20	120.67	119.83	119.5	96.10
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-2)	B(E-3)	B(E-1)	B(E-6)	B(E-8)	B(E-7)	B(E-5)
Parámetros químicos e inorgánicos									
pH	8.35667	8.13333	7.87333	7.69333	7.58000	7.45667	7.25333	7.12222	3.43489
	A(E-5)	A(E-8)	A(E-6)	A(E-1)	A(E-2)	A(E-3)	A(E-7)	A(E-4)	B(E-9)
Aluminio	140.594	2.889	1.835	1.778	1.604	1.197	0.501	0.453	0.275
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-8)	B(E-5)	B(E-6)	B(E-3)	B(E-7)	B(E-1)	B(E-2)
Arsénico	1.27477	0.1052	0.01382	0.01253	0.00955	0.00388	0.0016	0.00067	0.00062
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-8)	B(E-5)	B(E-6)	B(E-3)	B(E-7)	B(E-1)	B(E-2)
Boro	0.004383	0.0043	0.004183	0.0041	0.003127	0.00295	0.00285	0.00255	0.0025
	A(E-8)	A(E-9)	A(E-2)	A(E-1)	A(E-4)	A(E-3)	A(E-5)	A(E-6)	A(E-7)
Cadmio	0.126222	0.00075	0.000639	0.000567	0.000233	0.000233	0.0002	0.0002	0.0002
	A(E-9)	B(E-8)	B(E-4)	B(E-5)	B(E-6)	B(E-3)	B(E-1)	B(E-7)	B(E-2)
Cobre	24.9556	0.0997	0.041	0.0387	0.0112	0.0076	0.0029	0.0024	0.002
	A(E-9)	B(E-8)	B(E-4)	B(E-5)	B(E-6)	B(E-3)	B(E-1)	B(E-2)	B(E-7)
Cromo	0.029939	0.003028	0.001783	0.001733	0.001317	0.0012	0.000783	0.000717	0.000717
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-6)	B(E-5)	B(E-8)	B(E-3)	B(E-1)	B(E-2)	B(E-7)
Hierro	180.819	10.012	3.822	3.699	2.903	1.826	0.678	0.496	0.438
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-6)	B(E-5)	B(E-8)	B(E-3)	B(E-7)	B(E-1)	B(E-2)
Manganeso	38.5022	1.006	0.621	0.4587	0.3946	0.3197	0.1222	0.069	0.0506
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-5)	B(E-3)	B(E-6)	B(E-8)	B(E-1)	B(E-2)	B(E-7)
Mercurio	0.0017	0.001578	0.000167	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	A(E-4)	A(E-9)	B(E-6)	B(E-5)	B(E-1)	B(E-2)	B(E-7)	B(E-8)	B(E-3)
Plomo	0.0939278	0.016256	0.007217	0.004133	0.003233	0.0031	0.002133	0.0009	0.0006167
	A(E-9)	B(E-4)	B(E-8)	B(E-3)	B(E-5)	B(E-6)	B(E-7)	B(E-1)	B(E-2)

Elaboración: Propia., Fuente: Resultado de Minitab 18.

Tabla 62

Resumen de prueba de Tukey de los parámetros físicos y químicos entre meses de muestreo (Bloque)

Parámetros físicos						
Temperatura	14.9444 A (Jun)	14.5444 A (Mar)	14.2444 AB (May)	13.7000 AB (Abr)	13.3296 AB (Ene)	12.7407 B (Feb)
Conductividad eléctrica	285.289 A (Feb)	278.374 A (Ene)	262.556 AB (Mar)	248.222 AB (May)	247.478 AB (Abr)	200.333 B (Jun)
Parámetros químicos e inorgánicos						
pH	7.48333 A (May)	7.46667 A (Jun)	7.40704 A (Ene)	7.20593 A (Feb)	6.95444 A (Mar)	6.75111 A (Abr)
Aluminio	22.6927 A (May)	21.0116 A (Jun)	16.9846 A (Abr)	14.3434 A (May)	14.1818 A (Ene)	11.5368 A (Feb)
Arsénico	0.371478 A (Jun)	0.276789 A (May)	0.182722 A (Abr)	0.060644 A (Ene)	0.035211 A (Mar)	0.021578 A (Feb)
Boro	0.005956 A (Ene)	0.005811 A (Jun)	0.004085 AB (Feb)	0.002366 B (May)	0.001211 B (Mar)	0.0012 B (Abr)
Cadmio	0.020900 A (Jun)	0.019289 A (May)	0.015144 A (Abr)	0.011848 A (Ene)	0.009778 A (Mar)	0.009204 A (Feb)
Cobre	4.44297 A (Jun)	3.9441 A (May)	3.56004 A (Abr)	2.11919 A (Ene)	1.36118 A (Mar)	1.34664 A (Feb)
Cromo	0.006322 A (May)	0.006089 A (Abr)	0.005822 A (Jun)	0.003511 A (Mar)	0.003359 A (Ene)	0.002374 A (Feb)
Hierro	46.3437 A (Jun)	41.1972 A (May)	28.6561 A (Abr)	10.5152 A (Ene)	6.2638 A (Mar)	3.4862 A (Feb)
Manganeso	5.59756 A (May)	5.41143 A (Jun)	4.43051 A (Abr)	4.38988 A (Ene)	4.19177 A (Feb)	3.67372 A (Mar)
Mercurio	0.0007444 A (Mar)	0.000656 A (Abr)	0.0005 A (May)	0.0004 A (Feb)	0.00023 A (Ene)	0.000167 A (Jun)
Plomo	0.0186222 A (Mar)	0.015311 A (May)	0.014967 A (Jun)	0.013367 A (Abr)	0.01303 A (Ene)	0.012382 A (Feb)

Elaboración: Propia., Fuente: Resultado de Minitab 18.



*Figura 24.* Recolección de muestras en el Punto E-1.



*Figura 25.* Recolección de muestras en el Punto E-2



*Figura 26.* Punto de muestreo E-3, vista de bocatoma.



*Figura 27.* Punto de muestreo E-4, llenados y preservación de muestras.



*Figura 28.* Punto de muestreo E-5.



*Figura 29.* Punto de muestreo E-6.



*Figura 30.* Punto de muestreo E-7.



*Figura 31.* Punto de muestreo E-8, durante periodo de lluvias.



*Figura 33.* Recolección de muestra en el punto E-9.



*Figura 32.* Punto E-9 de muestreo.



*Figura 34.* Recolección y preservación de las muestras de agua.



*Figura 35.* Uso de transporte vehicular para el recorrido de los puntos de muestreo.



*Figura 36.* Zonas de explotación minera en época de lluvias con presencias de escorrentías.



*Figura 37.* Efluentes de minería informal presentes en el área de estudio.



*Figura 39.* Pozas de Cianuración de la minería artesanal e informal. (fotografía Corcuera 2015).



*Figura 38.* Cerro El toro, presencia de la minería formal e informal. (fotografía Corcuera 2015).