

i



UAP | **UNIVERSIDAD
ALAS PERUANAS**
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE
CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES
DOMICILIARIAS DEL RÍO ALAMEDA – DISTRITO
DE AYACUCHO – PROVINCIA DE HUAMANGA –
DEPARTAMENTO DE AYACUCHO – 2016”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MENDEZ PAREJA, Ruly Yaqueline

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AYACUCHO - PERÚ

2016

DEDICATORIA

A mi madre Abelina Pareja Moreno y a mi padre Esteban Méndez De la Cruz, porque me han inculcado valores y buenos consejos, por ser un aliciente y respaldo para lograr mis objetivos en especial en este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Alas Peruanas, por acogerme en sus aulas y materializar mi formación profesional.

A los docentes que han contribuido en mi formación, por ser portadores de sabiduría y sobre todo por su capacidad de transmitirla, que no solo aportaron en mi vida conocimientos científicos, sino que también me enseñaron acerca del mundo y de la vida real.

A mi asesor, Dr. Blgo. Carlos Carrasco Badajoz por su orientación académica y contribución, que han permitido la elaboración y finalización del presente trabajo de tesis.

Al Blgo. Jorge Luis Aramburú Correa y al Ing. Ponce Ramírez, Juan Carlos por sus aportes en la elaboración de esta tesis.

A mis amigas por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

Página	
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.2. DELIMITACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	16
1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL	16
1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	17
1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.....	17
1.3. PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL.....	17
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	18
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	18
1.5.3. VARIABLES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL).....	19
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.2. MÉTODOS Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	20
1.6.5. METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS.....	21
1.6.6. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23

2.2.	BASES TEÓRICAS O CIENTÍFICAS	25
2.3.	MARCO LEGAL.....	39
CAPITULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		43
3.1.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	43
3.1.6.	UBICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTAMINACIÓN	44
3.1.7.	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.....	47
3.1.8.	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.....	66
3.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	70
3.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES.....		81
FUENTE BIBLIOGRÁFICA		82
ANEXO 1.....		87
METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUA.....		87
ANEXO 2.....		91
INSTRUMENTO (S) DE RECOLECCION DE DATOS.....		91
ANEXO 3.....		92
INSTRUMENTOS.....		92
ANEXO 4.....		94
PRUEBA DE SHAPIRO-WILKS PARA DETERMINAR EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA QUE MUESTRAN LOS DATOS.....		94
ANEXO 5.....		95
MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO.....		95
ANEXO 6.....		96
VALORES REFERENCIALES DE LOS PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CATEGORÍA 1-A (AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE).....		96
ANEXO 7.....		99
VALORES REFERENCIALES DE LOS PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CATEGORÍA 1-B (AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACIÓN).....		99
ANEXO 8.....		101
VALORES REFERENCIALES DE LOS PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CATEGORÍA 2 (ACTIVIDADES DE EXTRACCIÓN Y CULTIVOS MARINOS COSTEROS Y CONTINENTALES).....		101
ANEXO 9.....		103

VALORES REFERENCIALES DE LOS PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CATEGORÍA 3 (RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES).....	103
ANEXO 10.....	105
VALORES REFERENCIALES DE LOS PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CATEGORÍA 3 (CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA ACUÁTICO).....	105
ANEXO 11.....	107
IMÁGENES DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DEL MONITOREO DE AGUA DEL RIO ALAMEDA.....	107
ANEXO 12.....	113
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	113
ANEXO 13.....	114
HOJA DE CAMPO EMPLEADA PARA EL MONITOREO DE AGUA.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Categorías consideradas en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) aprobado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.	40
Tabla 2.	Ubicación geográfica (UTM) de las zonas de muestreo a lo largo del curso del río Alameda.	44
Tabla 3.	Ubicación y descripción de puntos críticos de contaminación a lo largo del curso del río Alameda, Ayacucho 2016.	44
Tabla 4.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la temperatura de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	47
Tabla 5.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la conductividad eléctrica de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	48
Tabla 6.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los sólidos disueltos totales de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho, 2016.	50
Tabla 7.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la salinidad de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	51
Tabla 8.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el pH de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016	52
Tabla 9.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la turbidez de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	53
Tabla 10.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la alcalinidad de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	54
Tabla 11.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los cloruros de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	55

Tabla 12.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la dureza total de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	56
Tabla 13.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el oxígeno disuelto de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	58
Tabla 14.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el oxígeno disuelto expresado en porcentaje de saturación en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016	59
Tabla 15.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la alcalinidad de la DBO5 en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	60
Tabla 16.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la concentración de fosfatos en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	61
Tabla 17.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la concentración de nitratos de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	63
Tabla 18.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar de los sulfatos en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	64
Tabla 19.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la concentración de amonio en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	65
Tabla 20.	Valores promedios máximos y mínimos de coliformes totales en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	66
Tabla 21.	Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la cantidad de coliformes fecales en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	66

Tabla 22. Valores promedio de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las cuatro zonas de muestreo del río Alameda en comparación con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM. 68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Valores promedios y desviación típica de la temperatura del agua en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	47
Figura 2. Valores promedios y desviación típica de la conductividad eléctrica de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	48
Figura 3. Valores promedios y desviación típica de los sólidos disueltos totales de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	49
Figura 4. Valores promedios y desviación típica de la salinidad en las aguas de las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	50
Figura 5. Valores promedios y desviación típica del pH de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	52
Figura 6. Valores promedios y desviación típica de la turbidez de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	53
Figura 7. Valores promedios y desviación típica de alcalinidad total en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	54
Figura 8. Valores promedios y desviación típica de cloruros en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	55
Figura 9. Valores promedios y desviación típica de la dureza total de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	56
Figura 10. Valores promedios y desviación típica del oxígeno disuelto de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.	57

- Figura 11. Valores promedios y desviación típica de oxígeno disuelto expresado en porcentaje de saturación en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 59
- Figura 12. Valores promedios y desviación típica de DBO5 en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 60
- Figura 13. Valores promedios y desviación típica de fosfatos (ortofosfato) en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 61
- Figura 14. Valores promedios y desviación típica de la concentración de nitratos en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 62
- Figura 15. Valores promedios y desviación típica del sulfato de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 63
- Figura 16. Valores promedios y desviación típica del amonio en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 65
- Figura 17. Valores promedios y desviación típica del logaritmo de coliformes fecales en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016. 66

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, determinar el nivel de contaminación por el efecto de las aguas residuales domiciliarias en las aguas del río Alameda en cuatro zonas de muestreo, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho durante los meses de setiembre a diciembre del 2016. Para lograr este propósito se determinaron los parámetros físicos-químicos: (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) y parámetros microbiológicos (coliformes fecales). Estos datos fueron trabajados en el programa estadístico SPSS 23.0 para determinar la media y desviación estándar anual para cada zona de muestreo y para cada parámetro. El análisis de los datos muestra que la calidad del agua del río Alameda varía a lo largo de su recorrido de buena a mala calidad según el DS N° 015-2015-MINAM, como consecuencia del vertido de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y de la descomposición y acumulación de la materia orgánica domiciliaria.

ABSTRACT

The main objective of this research work was to determine the level of contamination due to the effect of domestic wastewater in the waters of the Alameda River in four sampling zones, Huamanga province, Ayacucho department during the months of September to December, 2016. To achieve this purpose the physical-chemical parameters were determined: (pH, temperature, electrical conductivity, total dissolved solids, salinity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, nitrate, sulfate, phosphate, ammoniacal nitrogen, total hardness, calcium hardness, magnesium hardness and chlorides) and microbiological parameters (fecal coliforms). These data were worked on in the statistical program SPSS 23.0 to determine the mean and annual standard deviation for each sampling area and for each parameter. The analysis of the data shows that the water quality of the Alameda River varies along its route from good to poor quality according to DS No. 015-2015-MINAM, as a result of the discharge of wastewater from the Treatment Plant of Wastewater (WWTP) and the decomposition and accumulation of organic matter at home.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural necesario para el desarrollo de un gran número de actividades humanas. Su creciente degradación por disminución de su calidad implica la pérdida de posibilidades para hacer frente a un gran número de usos.

Durante años, los recursos naturales han sido sometidos a un proceso acelerado de degradación, tal es el caso del río Alameda que enfrenta serios problemas de contaminación por el vertido de los desechos domésticos, agrícolas, etc., lo cual conlleva a la pérdida del oxígeno disuelto en el agua, la desaparición de insectos y peces y la consecuente la destrucción del ecosistema.

Las riberas del río Alameda presenta una gran cantidad de variedades de especies vegetales, que le proporcionan oxígeno a la ciudad, Actualmente el río Alameda está perdiendo cobertura vegetal por extracción, quema y sobrepastoreo, sumándose a esta la falta conciencia y escasa cultura ambiental.

Otro de los factores principales para el deterioro del río Alameda es el crecimiento poblacional desordenado y la falta de cultura ambiental por parte de los habitantes, por lo que el crecimiento demográfico está generando mayor contaminación a través del vertimiento directo de las aguas servidas domiciliarias convirtiéndolo como botadero, agotando el oxígeno disuelto y produciendo olores desagradables afectando a los pobladores y al ecosistema.

Es importante mencionar que el río Alameda cuenta con drenajes de bofedales en la parte alta para ganar terrenos de cultivo, convirtiéndolo los colchones de agua en terrenos agrícolas en la parte baja, los cuales están siendo contaminados por un inadecuado planeamiento urbano, ya que las viviendas evacuan directamente las aguas residuales domiciliarios a este río.

En la actualidad el río Alameda enfrenta serios problemas de contaminación, los cuales producen daños en los organismos que los habitan. Estos ecosistemas son sumamente frágiles y han sufrido transformaciones muy notables lo que conlleva a la pérdida del oxígeno disuelto en el agua, la desaparición de insectos y peces y la consecuente destrucción del ecosistema fluvial por la interrupción de las cadenas alimenticias.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los ríos forman parte de la circulación del agua o ciclo hidrológico, lo cuales vienen siendo utilizados como receptor de los desechos de la actividad agrícola y de las aguas servidas. Debido a su naturaleza los ríos tienen la capacidad de formar corrientes lo cual ayuda a depurarse por sí misma luego de haber recibido grandes cantidades de afluentes. Sin embargo, los ríos tienen limitada la capacidad de depuración de las aguas residuales provenientes de la población urbana y rural, por lo que, si supera este límite, ocasiona la proliferación de microorganismos, bacterias y algas quienes consumirá la mayor parte del oxígeno que se encuentra presente en el agua, ocasionando la eutrofización lo que provoca la destrucción del ecosistema acuático alterando la cadena trófica. (Carrasco, 2001)

Los restos de los desechos se van acumulando lentamente produciendo la contaminación acuática lo cual destruye la vida de la fauna, por otro lado, este proceso de contaminación no es ajeno a ocasionar enfermedades en el ser humano ya que el agua que deriva de los cauces del río contaminado son utilizadas en la producción agrícola los cuales son consumidos por los habitantes de las poblaciones, además de ser utilizadas para el consumo directo por la población aledaña. (Apaza, 2013)

Es necesario tomar mayor importancia en la situación actual del río Alameda ya que está siendo utilizado como sumideros de grandes cantidades de aguas residuales, desmontes de construcción, desechos domésticos, agrícolas, entre otros. Sin embargo, la frecuente descarga de agua contaminada supera la capacidad de depuración, conllevando a la destrucción y desaparición de la flora y fauna acuática, sin embargo el río Alameda sigue cumpliendo un

papel importante ya que los habitantes ribereños y algunas comunidades aledañas todavía mantiene la actividad agrícola y pecuaria.

El crecimiento urbano y la falta de cultura ambiental en nuestra ciudad ocasionan diferentes problemas como la contaminación acuática, producto de la actividad antrópica en el río Alameda, que atraviesa gran parte de la ciudad de Ayacucho, el cual se encuentra rodeado por viviendas, quienes en mayor parte vierten sus aguas residuales directamente al río; así como las residuos sólidos, este aspecto se hace más grave aguas abajo donde se desarrollan actividades agropecuarias en la que se emplea fertilizantes o agroquímicos, que se incorporan a las aguas por medio de las lluvias, incrementando así los niveles de nutrientes, afectando a la biota que habitan en el río Alameda ya que dichos compuestos se incorporan en la cadena trófica y representando un riesgo potencial para la salud y el ecosistema. De acuerdo a la importancia que tiene para la sociedad, es necesario que sea estudiado para conocer su grado de contaminación, ya que esta puede provocar efectos dañinos a los ecosistemas y a la salud humana.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

Las aguas del río Alameda discurren por el ámbito geográfico de varios distritos tal como se describe a continuación.

- **Lugar** : Río Alameda
- **Distrito** : Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto, Jesús Nazareno y Andrés Avelino Cáceres Dorregaray.
- **Provincia** : Huamanga
- **Región** : Ayacucho

Esto da base para afirmar que el problema de la contaminación del río en mención incluye un espacio geográfico muy amplio y lo más importante, a la ciudad de Ayacucho, principalmente al área aledaña por donde discurre el río Alameda.

1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL

- El problema del río Alameda afecta a los pobladores de la ciudad de Ayacucho, principalmente a los ubicados en los distritos de San Juan Bautista, Carmen Alto, Jesús Nazareno y Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, debido a que sus aguas esta con elevada cantidad de contaminantes como coliformes totales, hacen que no se deban ser

empleados; sin embargo, estas aguas en su curso son empleadas para el riego de vegetales de tallo bajo que son expendidos en los mercados de nuestra ciudad. Por otro lado, este problema afecta más a los pobladores de menores recursos, a aquellos que sus viviendas se ubican en las inmediaciones del río, debido a la presencia de malos olores (metano y ácido sulfhídrico) producto de la descomposición de la materia orgánica, además de la presencia de vectores de enfermedades como insectos y roedores.

1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El periodo de evaluación de las aguas del río Alameda se ejecutó, durante el periodo de setiembre a diciembre del 2016. El trabajo de investigación se enfocó básicamente en el cauce del río Alameda, en cuatro zonas de muestreo: puente Pérez, puente Alameda, puente Evitamiento y puente Rumichacca.

1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

El monitoreo es un instrumento de gestión y de control, cuyo objetivo es conocer las condiciones del grado de contaminantes y la verificación del cumplimiento con los estándares de la calidad ambiental del agua. Para poder garantizar la calidad de la toma de muestras del campo, los análisis físicos-químicos se contó con profesionales que trabajan en el laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica – UNSCH, la misma que permitió la utilización de los programas de ArcGis y Google Heart para la información de mapas temáticos de la zona de estudio, además facilitó el uso de materiales necesarios para la toma de datos como: GPS, equipo multiparamétrico, cámara fotográfica, entre otros.

1.3. PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿Cuál fue el efecto de las aguas residuales domiciliarias sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda ubicado en la provincia de Huamanga, distrito de Ayacucho, durante el periodo de setiembre a diciembre del año 2016?

1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

- a. ¿Cómo influyen las aguas residuales domiciliarias sobre las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda?
- b. ¿Cómo influye las aguas residuales domiciliarias sobre las características microbiológicas (coliformes fecales) del río Alameda?

- c. ¿Cuáles son los niveles de las características fisicoquímicas y microbiológicas determinadas en el río Alameda en comparación con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de las aguas residuales domiciliarias sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda ubicado en la provincia de Huamanga, durante el periodo de setiembre a diciembre del año 2016.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar la influencia de las aguas residuales domiciliarias sobre las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda.
- b. Determinar la influencia de las aguas residuales domiciliarias sobre las características microbiológicas (coliformes fecales) del río Alameda.
- c. Determinar los niveles de las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda comparativamente con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las aguas residuales domiciliarias contaminan y determinan cambios negativos en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas del río Alameda ubicado en la provincia de Huamanga, durante el periodo de setiembre a diciembre del año 2016.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a. Las aguas residuales domiciliarias determinan cambios importantes en las características físicas-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad y oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda.
- b. Las aguas residuales domiciliarias generan el incremento de los coliformes fecales en las aguas del río Alameda.

- c. Los parámetros característicos físicoquímicas y microbiológicos determinados en el río Alameda se hallan sobre los límites establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.

1.5.3. VARIABLES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL)

VARIABLE INDEPENDIENTE

Aguas residuales domiciliarias

Indicador: Identificación y ubicación

VARIABLE DEPENDIENTE

Características físicoquímicas y microbiológicas del agua

Indicadores

a. Características físico-químicas

- pH
- Temperatura
- Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Sólidos disueltos totales (ppm)
- Salinidad (%)
- Turbidez (UNT)
- Oxígeno disuelto (mg/L)
- Oxígeno disuelto (%)
- Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)
- Nitrato (mg/L)
- Sulfato (mg/L)
- Fosfato (mg/L)
- Nitrógeno amoniacal (mg/L)
- Dureza total (mg/L)
- Dureza Cálctica (mg/L)
- Dureza magnésica (mg/L)
- Cloruros (mg/L)

b. Características microbiológicas

Indicador:

- Coliformes fecales (NMP/100 mL)

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Aplicada

b. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Descriptivo

1.6.2. MÉTODOS Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

a. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación está basado en el enfoque cuantitativo de la investigación científica, por las siguientes razones:

- Se identificó de manera inequívoca las variables
- Las variables fueron medidas cuantitativamente.

b. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental debido que las variables están siendo caracterizadas y no implica manipulación por parte del investigador.

1.6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a. POBLACIÓN

Aguas del río Alameda en el periodo de la investigación, es decir de setiembre a diciembre del año 2016

b. MUESTRA

Constituida por 16 muestras las que fueron colectadas en cuatro zonas de muestreo durante cuatro meses (setiembre, octubre, noviembre y diciembre). Las zonas de muestreo fueron ubicadas a la altura del Puente Pérez, a la altura del Puente Alameda, a la altura del Puente Evitamiento y a la altura del Puente Rumichacca. Zonas que se ubicaron a lo largo del cauce del río Alameda la que se halla en la provincia de Huamanga.

1.6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a. TÉCNICAS

- Muestreo polietápico, ya que en un primer instante se ubicó determinística las zonas de muestreo considerando aquellas zonas que podría reflejar el efecto de las aguas servidas sobre la calidad de agua del río Alameda, para posteriormente en cada zona realizar muestreo aleatorio sistemático.

- Observación a través del cual se realizaron las determinaciones de las características físicas, químicas y biológicas

1.6.5. METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS

a. Tipo de Muestra

La muestra recolectada es puntual ya que fue tomada en un determinado punto de la zona, esta muestra refleja las características instantáneas del cuerpo de agua de donde proceden.

b. Zonas de muestreo

Se eligieron las cuatro zonas de muestreo en la que se colectaron las muestras de agua durante la investigación. El criterio para la selección de dichas zonas es que se existe una gradiente en cuanto al impacto que sufren, es decir desde lugares con mínimo impacto (cuenca alta) hasta zonas donde dicho efecto es mucho mayor (cuenca baja); por otro lado, con la finalidad de minimizar el efecto de la morfología del cauce del río, se seleccionó lugares de toma de muestra similares siendo el criterio hallar zonas de cauce recto, accesible y uniforme, en cuanto a su geometría y profundidad, con lo cual se buscó lugares que provea la muestra más representativa con la menor cantidad de errores posible.

1.6.6. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

a. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de los niveles de contaminación de las aguas del río Alameda será de gran ayuda para establecer la calidad de sus aguas con la finalidad de prevenir problemas de contaminación que generan riesgos a la salud pública y ambiental.

El río Alameda, es objeto de estudio ya que día a día es severamente contaminado, producto de las aguas residuales, de las actividades antrópicas, del aumento desordenado de la población y el incremento de los agentes contaminantes que el hombre ha creado, cuyo efecto se traduce en la desaparición de la fauna y flora acuática.

En las dos últimas décadas el cauce y lecho del río Alameda se ha visto alterado y contaminado, por lo que fue necesario realizar trabajos de investigación y cuyo resultado vislumbre la situación actual de la calidad del río Alameda.

b. IMPORTANCIA

El trabajo planteado es importante, debido a que la información colectada permite hacer un diagnóstico del río Alameda que está siendo afectada por procesos de contaminación generada a nivel de centros urbanos, principalmente como consecuencia

de la adición en su curso de aguas residuales domiciliarias; así mismo permitió comparar dichos índices de contaminación con los Límites Máximos Permisibles especificadas en la normativa ambiental de nuestro país.

LIMITACIONES

Durante la ejecución del trabajo de investigación se tuvo algunas limitantes como es la falta de equipos por el cual se recurrió a otros laboratorios ajenos a las Universidad Alas Peruanas, así mismo la falta de reactivos que permitieran realizar las determinaciones fisicoquímicas; sin embargo, en la medida que se recurrió a otros laboratorios se solucionó dicha limitante. También se identificó la limitante en cuanto al manejo de los equipos, ya que en el proceso de formación en el pregrado no se incidió mucho en este aspecto, por lo que fue necesario capacitarse para contrarrestar esta limitante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La contaminación en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la Cuenca del Valle de México en el año 2007, está dado por las descargas que reciben de las aguas residuales no tratadas. Hasta antes de este estudio no se tenía un inventario de fuentes de contaminación y se desconocía la cantidad de contaminantes de las descargas. El objetivo de esta investigación fue identificar las descargas a los ríos y determinar su grado de contaminación. Se hicieron 10 muestreos en 28 descargas de mayo de 2004 a abril de 2005 y se cuantificó algunos contaminantes químicos (substancias activas al azul de metileno, elementos traza, N, P y conductividad eléctrica) y biológicos (bacterias coliformes totales (CT), fecales (CF) y huevos de helmintos). Las cantidades de CT (número más probable, NMP) varió de 1.6×10^4 a 2.4×10^7 NMP 100 mL⁻¹; de CF varió 1×10^4 a 2.4×10^7 y los huevos de helmintos de 0.38 a 6.78 huevos L⁻¹. Estas cantidades rebasan los límites permisibles establecidos por la norma NOM-001-SEMARNAT, que es de: 1000 NMP 100 mL⁻¹ para CF y 5 huevos de helminto L⁻¹ como promedio mensual para riego no restringido. Una fracción de esta agua se utiliza para riego de cultivos agrícolas, otra parte se infiltra hacia el acuífero y existe el riesgo de su contaminación. Por lo anterior, se considera urgente el tratamiento de estas aguas residuales. (Rivera Vázquez et al., 2007)

La contaminación de los ríos urbanos, el caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México en el año 2010, fue estimado la calidad del agua de los ríos urbanos es una actividad que ha tomado relevancia a nivel mundial en las últimas décadas. En México, son escasos los estudios sistemáticos realizados a la fecha e incluso, se enfrenta el problema de que las autoridades federales, estatales y municipales no cuentan con datos actualizados de la calidad del agua de los ríos urbanos. Tal es el caso en el estado de Veracruz y de manera específica en la ciudad de Xalapa. Dentro de este contexto, el objetivo del presente estudio fue realizar un primer diagnóstico de la calidad del agua en la subcuenca del río Sordo, incluyendo el arroyo Papas y el río Carneros que son sus dos principales afluentes, ubicados en la zona noroeste de la ciudad de Xalapa, Veracruz, Este diagnóstico es una etapa preliminar de un proyecto interdisciplinario y multi-institucional, que abordará la problemática desde distintas perspectivas, con el fin de implementar una serie de acciones para el rescate de esta subcuenca en el mediano plazo. La calidad del agua fue evaluada en 8 estaciones de muestreo (E1 a E8) durante la época seca (junio) y la época lluviosa (septiembre), usando un Índice de Calidad del Agua (ICA) modificado a partir del propuesto por la National Sanitation Foundation de los

Estados Unidos, conformado por 7 parámetros (coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales, nitratos y fosfatos). Se empleó una escala de 0 a 100%, donde 100% representa una muy buena calidad del agua. Los resultados mostraron que la calidad del agua en la subcuenca del río Sordo, en general, se encuentra en la clasificación de aguas contaminadas (40.14%). En relación a sus afluentes, se observaron variaciones a lo largo de su cauce, oscilando desde altamente contaminada (23.54%) en la parte alta (arroyo Papas) en la época seca, contaminada en la parte media de la subcuenca (río Carneros) con valores de 31.28%, a medianamente contaminada en la parte baja del río Sordo (52.84%), antes de entroncar con el río Carneros. Posteriormente, una vez que ambos caudales se juntan, la calidad disminuye hasta 42.64%. En todas las estaciones, con excepción de E6 y E7 (correspondientes al Río Sordo), los valores de los parámetros monitoreados, excedieron de manera muy significativa, los límites permitidos para la vida acuática de acuerdo a los criterios de USEPA. Se concluye que dada la muy mala calidad del agua encontrada en toda la Subcuenca del Río Sordo, es urgente que las autoridades competentes aceleren la construcción de colectores de aguas residuales y el tratamiento de las mismas en el noroeste de la ciudad de Xalapa, para así evitar que el río Carneros degrade de manera significativa la calidad del agua del río Sordo.(Olguín, 2010)

La aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga en el año 2007, se realizaron cuatro muestreos de campo con el fin de obtener información representativa de las variaciones horarias del agua residual del municipio como también de la calidad del agua en la zona de influencia de éstas en la ciénaga de Ayapel. En el sector donde se presentan las principales descargas del alcantarillado se determinaron las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica y de la ciénaga. Ello con el fin de determinar el posible impacto de las aguas residuales domésticas sobre la calidad del agua de un sector de la ciénaga de Ayapel. Los resultados del estudio permiten afirmar que existe un impacto de las aguas residuales sobre el complejo cenagoso, sin embargo estas descargas afectan principalmente la calidad ambiental de los sitios aledaños al casco urbano del municipio de Ayapel, principalmente en las épocas de aguas bajas incluyendo la zona pelágica del sector E0.(Chalarca Rodríguez, Mejía Ruiz, & Aguirre Ramírez, 2007)

La evaluación de la Contaminación microbiológica del río Alameda y el efecto contaminante de sus afluentes en época de estiaje Ayacucho en el año 2001, reportó los siguientes resultados, tomando cuatro puntos de muestreo en “Alameda 1” se obtuvo

1,6x10²NMP/100mL de coliformes fecales, en “Alameda 2” se obtuvo 50x10⁵NMP/100mL de coliformes fecales, en “Alameda 3” se obtuvo 65x10⁴NMP/100mL y por último en “Alameda 4” se tuvo 19x10⁶NMP/100mL de coliformes fecales. Además los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Alameda fueron: en “Alameda 1” (1,80mg/L), en “Alameda 2” (63,0 mg/L), en “Alameda 3” (62,0 mg/L) y en “Alameda 4” (111,0 mg/L).(Morales, 2001)

Para la caracterización del agua del río Alameda y tipificación según Índice de Calidad del Agua en Ayacucho en el año 2014, se determinaron parámetros durante un año desde enero a diciembre como: oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua, sólidos totales disueltos, turbidez, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales. Estos datos fueron trabajados en el programa estadístico SPSS 23.0 para determinar la media y desviación estándar anual para cada zona de muestreo y para cada parámetro. Luego con esos valores se determinaron el Índice de Calidad de Agua de la Fundación de la Sanidad Nacional (WQI – NSF) para cada zona de muestreo haciendo uso del programa ICATest V.1.0. El análisis de los datos muestra que la calidad del agua del río Alameda va disminuyendo a lo largo de su recorrido desde buena a mala según el WQI – NSF. En lo que respecta a la similitud de zonas de muestreo, de acuerdo al dendrograma al 60% de similitud en base a las características fisicoquímicas y biológicas se tiene la formación de cuatro conglomerados, el primero representado por la zona I con valores típicos de aguas no contaminadas, el segundo constituido por las zonas II, III y IV típico de aguas medianamente contaminadas, el tercer conglomerado dado por las zonas V y VI característico de aguas contaminadas y el cuarto dado por la zona VII típico de aguas muy contaminadas.(Espinoza Tacuri, 2005)

2.2. BASES TEÓRICAS O CIENTÍFICAS

2.2.1. Generalidades del agua

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El termino agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido. Aunque se puede hallarse en su forma sólida llamada hielo y en su forma gaseosa denominada vapor.(Bravo, 2006)

2.2.2. Propiedades del agua

El agua es una sustancia químicamente se formula como H_2O , es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrogeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno. (Bravo, 2006)

- **Propiedades físicas:** el agua es un líquido inodoro e insípido. Tienen cierto color azul cuando se concentra en grandes masas. A la presión atmosférica (760mm), el punto de fusión del agua pura es de $0^{\circ}C$ y el punto de ebullición es de $100^{\circ}C$, se cristaliza en el sistema hexagonal, llamándose nieve o hielo según se presente en forma esponjosa o compacta, se expande al congelarse, es decir aumenta de volumen, de ahí que la densidad del hielo sea menor que la del agua y por ello el hielo flota en el agua líquida. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de $4^{\circ}C$ que es de $1g/CC$. Su capacidad calorífica es superior a la de cualquier otro líquido o sólido, siendo su calor específico de 1 cal/g , esto significa que una masa de agua puede absorber o desprender grandes cantidades de calor, sin experimentar apenas cambios de temperatura, lo que tiene gran influencia en el clima (las grandes masas de agua de los océanos tardan más tiempo en calentarse y enfriarse que el suelo terrestre). Sus calores latentes de vaporización y de fusión (540 y 80 cal/g , respectivamente). (Bravo, 2006)
- **Propiedades químicas:** el agua es el compuesto líquido más familiar para nosotros, el más abundante y el de mayor significación para nuestra vida. Su excepcional importancia, desde el punto de vista químico, reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos, sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en el laboratorio y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua, esto es en dilución. Normalmente se dice que el agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera soluble en ella. No posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidrato, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas. La molécula de agua está compuesta por un átomo de oxígeno unido mediante un enlace covalente a dos átomos de hidrogeno. (Bravo, 2006)

Las características a nivel molecular del agua y la forma como dichas moléculas interactúan con otras, han determinado que presenten propiedades únicas que sin las cuales no podría existir la vida sobre la faz de la Tierra, dentro de las principales se puede mencionar a las siguientes:

- a. Acción disolvente, el agua es el líquido que más sustancias disuelve (disolvente universal), debido a su característica polar, su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias polares y iónicas, y por su alto valor de constante dieléctrica (a temperatura ambiente vale 80). La capacidad disolvente es la responsable de dos funciones importantes para los seres vivos, por un lado las reacciones bioquímicas ocurren en un medio acuoso y por el otro, la eliminación de desechos se realizan a través de sistemas de transporte acuosos.
- b. Conducción eléctrica: el agua pura es un mal conductor de la electricidad, pero cuando contiene sales se convierte en un buen conductor porque hay presencia de iones con cargas eléctricas.
- c. Fuerza de cohesión entre sus moléculas: los puentes de hidrógeno mantienen a las moléculas fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Esto significa que no es fácil reducir su volumen mediante presión, pues las moléculas de agua están enlazadas entre sí manteniendo unas distancias intermoleculares más o menos fijas.
- d. Elevada fuerza de adhesión: determinada por una especie de red que se forma a partir de la unión de las moléculas a través de puentes de hidrógeno, que son determinantes de la capilaridad.
- e. Capilaridad: fenómeno que depende de la capacidad de adhesión de las moléculas de agua a las paredes de los conductos capilares y de la cohesión de las moléculas de agua entre sí. Consiste en el ascenso de la columna de agua a través de tubos de diámetro capilar, lo que determina para el caso de las plantas la ascensión de la sabia bruta desde las raíces hasta las hojas.
- f. Tensión superficial: por la diferencia que existe entre las fuerzas de atracción que hay en el interior del líquido y en la superficie, lo que provoca una acumulación de moléculas en la superficie, formando una delgada película que opone gran resistencia a romperse, y permite que muchos organismos puedan “andar” sobre el agua y vivan asociados a esta película superficial.
- g. Gran calor específico; se necesita mucha energía para elevar su temperatura, lo cual convierte al agua en un buen aislante térmico. Por citar, esta propiedad permite al

citoplasma acuoso servir de protección frente a cambios bruscos de temperatura. Por esta característica actúa como termorregulador, ya que amortigua y regula los cambios térmicos ambientales y corporales. Por sus altos valores de calor específico (1 cal/g °C) y calor de vaporización (539.6 cal/g a temperatura de ebullición) almacena y absorbe gran cantidad de calor, que tardar en perder.

2.2.3. Fuentes de agua

El agua existe en casi todas partes en el planeta y una de las cualidades que hacen sea esencial para la vida es la capacidad de existir como un sólido, líquido y gas dentro de un estrecho rango de temperaturas. El agua líquida cubre la mayor parte de la superficie de la tierra y existe debajo de la tierra. El vapor de agua forma parte de la atmósfera y el agua sólida cubre las capas de hielo de ambos polos. Todos proporcionan a los seres humanos con el agua que necesitan para vivir.(Auge, 2007)

El 7% del agua de la superficie del mundo está en el océano cubriendo el 71% de la superficie del globo. El agua dulce en lagos y ríos da cuenta del otro 1%. El agua del océano es 220 veces más salada que el agua dulce. De acuerdo con el servicio Geológico de Estados Unidos, evapora un pie cúbico (0,02m cúbicos) de agua de mar, produce 2,2 libras de sal, mientras de una manera similar de un lago de agua dulce producirá solo una centésima parte de una libra. La sal en los océanos es una combinación de sales minerales y materia biológica decaída que se ha acumulado por tanto como 500 millones de años. (Auge, 2007)

2.2.4. El agua en el Perú

El Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas por las que discurren 2'043.548,26 millones metros cúbicos al año. Así mismo cuenta con 12. 200 lagunas en la sierra y más de 1.007 ríos, con los que se alcanza una disponibilidad media de recursos hídricos de 2,458 millones metros cúbicos concentrados principalmente en la vertiente amazónica. Sin embargo, su disponibilidad en el territorio nacional es irregular, puesto que casi el 70% de toda el agua precipitada se produce entre los meses de diciembre a marzo, contrastando con épocas de extrema aridez en algunos meses. Además muchas lagunas han sufrido el impacto de la contaminación por desechos mineros, agrícolas y urbanos y el asentamiento de pueblos o centros recreativos en sus orillas.(Ministerio del Ambiente, 2015)

Nuestro país cuenta con tres vertientes hidrográficas: la del Atlántico (genera 97,7% de los recursos hídricos), las vertientes del Pacífico (1,8% de los recursos hídricos) y la vertiente del Titicaca (el restante 0,5%). Paradójicamente, la población está ubicada en su mayor parte en

la vertiente del pacifico, generando un problema de estrés hídrico: situación donde existe una demanda mayor de agua que la cantidad disponible, o cuando el uso del agua se ve restringido por su baja calidad. (Ministerio del Ambiente, 2015)

De hecho, el balance hídrico realizado en la vertiente del pacifico para proyectar los requerimientos de agua y la oferta de esta, indica que, si bien en agregado se cubre la demanda de agua, más del 68% de las cuencas de la vertiente el balance es negativo. Por ejemplo, 9 de cada 10 peruanos vive en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas; y 1 de cada 2 se asienta en la costa. (Ministerio del Ambiente, 2015)

De esta manera, aunque el Perú cuenta con la mayor disponibilidad per cápita de agua dulce renovable en América Latina (74,546 MMC/persona al año), la distribución de los recursos hídricos es asimétrica. La concentración de núcleos urbanos y de las actividades productivas en las tres vertientes hidrográficas genera una situación donde la demanda por recursos hídricos es máxima en las zonas donde la disponibilidad y el abastecimiento de agua son más escaso. (Ministerio del Ambiente, 2015)

2.2.5. Calidad del agua

Como calidad de agua se entiende el estado del agua, caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

- Estar libre de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
- Estar libre de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbidez, olor, sabor)

La calidad de agua es determinada por mediciones de varias características físicas, químicas y biológicas. Los resultados usualmente son comparados con estándares o criterios de calidad. Hay diferentes criterios, dependiendo del uso esperado del agua; el agua que satisface los criterios para un uso particular no necesariamente cumplirá los criterios para otros usos. (Bravo, 2006)

El agua potable es el agua tratada ya sea de la superficie o subterránea. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes. A pesar que el criterio de potabilidad depende fundamentalmente del uso que se ha destinado (humano, industrial y agrícola). (Bravo, 2006)

Los usos que puedan tener los recursos hídricos están determinados por la calidad del agua que ellos presentan. Así, de acuerdo a su calidad puede permitir un uso para potabilización, para riego, para bebida animal. Lo que significa que, acorde a las características o propiedades físico químicas del cuerpo o masa de agua (calidad), se le asociarán determinados usos. Por lo que es tan importante contar con agua no contaminada. (Bravo, 2006)

La calidad del agua es un concepto relativo y complejo, difícil de definir en términos absolutos puesto que se determina en función de usos específicos. De esta forma, la calidad del agua puede definirse como: La capacidad de un cuerpo de agua para soportar apropiadamente usos benéficos, como los modos en que es utilizada el agua por humanos o vida silvestre; ya sea como bebida o hábitat (Bravo, 2006)

2.2.6. Importancia de la calidad del agua

Todos conocemos la importancia del agua en la vida de cualquier ser vivo del planeta. Por ello, su calidad es un tema que preocupa cada vez más en países de todo el mundo por motivos como la salud de la población, el desarrollo económico nacional y la calidad ambiental de los ecosistemas. Cabe recordar que hay 2.400 millones de personas que no tienen garantizado el acceso al saneamiento y unos 760 millones de personas no tienen acceso a agua potable, pese a que tanto el agua como el saneamiento son derechos humanos reconocidos por las Naciones Unidas. (Picazo, 2016)

Los factores determinan la calidad del agua son las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del elemento, hacen que sea apto para un uso determinado y no lo sea para otro. Es evidente que no es necesario que reúna los mismos requisitos un agua destinada al consumo humano que una destinada al riego. (Picazo, 2016)

Tampoco se pueden tener en cuenta los mismos parámetros a la hora de analizar la calidad de las aguas de origen residual, industrial, doméstico y urbano que son vertidas a los ríos y mares, ya que acumulan una elevada carga de materia orgánica e inorgánica, y además contienen compuestos peligrosos. Esto puede perjudicar gravemente a los ecosistemas acuáticos, afectando a su vegetación, a su fauna e incluso llegándolos a convertir en auténticos vertederos si no se realiza una buena gestión. La única forma de garantizar que los ecosistemas acuáticos nos sigan proporcionando agua para satisfacer nuestras necesidades de agua, en términos de calidad y cantidad, es cuidándolos y conservándolos en buen estado. (Picazo, 2016)

Una mala calidad de agua puede deberse tanto a causas naturales, como las debidas a la geología del terreno, o artificiales, como la contaminación en zonas con gran presión antrópica. La fuente más importante de su contaminación es la falta de gestión y tratamientos adecuados de los residuos humanos, industriales y agrícolas. Es indiferente de dónde proceda este alejamiento del estado natural del agua, lo importante es establecer los tratamientos y límites necesarios para los diferentes usos y actividades, y de este modo garantizar una buena calidad de vida para todos los ciudadanos, a la vez que cuidamos y respetamos el medio ambiente. (Picazo, 2016)

2.2.7. Problemática del agua

Los niveles del mar están aumentando, las tormentas se hacen cada vez más fuertes y descargan mayor cantidad de agua. Por otro lado, existen zonas en las que la escasez de agua y las sequías se hacen cada vez más frecuentes. Todo esto fuerza a los gobiernos y a las compañías privadas a buscar nuevas formas para enfrentarse a los retos de abastecimiento del agua en regiones que carecen de recursos hídricos. (Frers, 2010)

La explosión demográfica de las últimas décadas y las perspectivas de crecimiento de la población a corto plazo han creado una presión sobre los recursos hídricos sin precedentes en la historia de la humanidad. Donde aproximadamente el 40% de la población humana no tiene derecho al acceso a los servicios básicos de saneamiento. (Frers, 2010)

El problema de la falta de agua para uno de cada cinco habitantes del planeta no es un problema de carencia, sino de mala gestión. Se hace necesario crear una nueva cultura del agua, en la cual se priorice su uso como un derecho humano inalienable y se realice una gestión ecosistémica sustentable de este recurso, en lugar de considerarlo, como se hizo hasta ahora, como un mero producto mercantil. (Frers, 2010)

El agua se desperdicia en casi todas partes. Hasta que realmente escasea, casi todos los países y casi todas las personas consideran natural tener acceso al agua dulce. Tenemos que dejar de vivir como si tuviéramos suministros infinitos de agua y empezar a reconocer que debemos lidiar con serias restricciones. (Frers, 2010)

2.2.8. Contaminación del agua (alteración de la calidad)

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos,

metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.(Echarri, 2007)

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la organización Mundial de la Salud el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural. El agua que procede de los ríos, lagos y quebradas es objeto de una severa contaminación, muchas veces producto de las actividades del hombre. (Hernandez, 2015)

De manera simple, la contaminación del agua se puede definir como la adición de sustancias extrañas que deterioran su calidad. La calidad del agua se refiere a su aptitud para los usos benéficos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es, para la bebida del hombre y de los animales, para el soporte de una vida sana, para el riego de los cultivos y para la recreación. Un contaminante puede ser de origen “inerte” como plomo, mercurio detergente; o de origen “vivo”, como el ocasionado por microorganismos provenientes de desechos domésticos (aguas negras principalmente). (Roldan, 1992)

Desde el punto de vista ecológico, la calidad del agua tiene una connotación un poco diferente a la requerida para usos domésticos, agrícolas o industriales. La calidad de agua de un ecosistema acuático natural puede ser muy diversa; ciertos ecosistemas, a pesar de tener concentraciones elevadas de sales, durezas y alcalinidades y valores de pH muy ácidos o muy básicos, pueden tener comunidades estables y adaptadas a vivir en dichos medios. En estos casos, la calidad del agua depende fundamentalmente de los aportes naturales dados por las lluvias y por la naturaleza geoquímica del terreno.(Roldan, 1992)

2.2.9. Fuentes de la contaminación acuática.

Las principales fuentes de contaminación acuática son las industrias, la agricultura y los desechos domésticos. La descomposición natural de la materia orgánica, acumulada en exceso, causa cambios drásticos en la concentración de oxígeno y valores de pH que pueden ser a veces mortales para los peces.

El arrastre de sedimentos por fuertes crecientes enturbia el agua y destruye el hábitat que sirven de desove y refugio para muchos organismos. (Roldan, 1992)

Pero es la contaminación provocada por el hombre la que está poniendo en peligro la vida en el agua por el exceso de carga orgánica que agota el oxígeno y la presencia de sustancias tóxicas y metales pesados. Por otro lado, la agricultura moderna se ha convertido en una de las más graves amenazas para la vida en el agua y para la salud humana. Miles de kilómetros cuadrados de cultivos son a diario rociados en el mundo con todo tipo de sustancias tóxicas a base de fósforo, cloro y mercurio, algunas de las cuales se acumulan, en último término, en las cadenas alimenticias, poniendo en peligro la salud del hombre, incluyendo graves malformaciones genéticas. (Roldan, 1992)

Igualmente, el uso masivo de abonos para fertilizar los terrenos de cultivo está causando graves problemas de eutrofización en lagos, embalses y ríos. Como consecuencia de ello proliferan las algas y las malezas acuáticas, lo que a su vez provoca cambios drásticos en la fisicoquímica del agua. (Roldan, 1992)

2.2.10. Sustancias contaminantes del agua

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos: (Echarri, 2007)

- **Microorganismos patógenos.** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua. (Echarri, 2007)
- **Desechos orgánicos.** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos

índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto (OD) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). (Echarri, 2007)

- **Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas. (Echarri, 2007)
- **Nutrientes vegetales inorgánicos.** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable. (Echarri, 2007)
- **Compuestos orgánicos.** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos. (Echarri, 2007)
- **Sedimentos y materiales suspendidos.** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos. (Echarri, 2007)
- **Sustancias radiactivas.** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua. (Echarri, 2007)
- **Contaminación térmica.** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. (Echarri, 2007)

2.2.11. Contaminación por las aguas residuales domiciliarias

La materia orgánica, nitrato, fosfato, grasas y aceites; aceleran el crecimiento de organismos y pueden producir la eutrofización; la degradación de la materia orgánica, consume el suministro de oxígeno disuelto vital en el agua (DBO5, DQO). Como sustancias indeseables se

catalogan aquellas que producen color en las aguas, aumentan su turbiedad, o cubren su superficie.(Olguín, 2010)

Los compuestos químicos son específicamente dañinos para la vida acuática y otros organismos, incluyendo el hombre que puede llegar a estar en contacto con ellos o ingerirlos. Los contaminantes también pueden alterar el pH de las aguas e impartirle olores y sabores indeseables. Además de ser contaminada químicamente el agua puede ser térmicamente afectada y esta forma de contaminación puede traer consecuencias desastrosas tales como la reducción de oxígeno disuelto. (Olguín, 2010)

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Las principales propiedades físicas del agua residual, así como sus principales constituyentes químicos y biológicos son: pH, sólidos disueltos totales, temperatura, alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, fósforo, sulfuro de hidrógeno, oxígeno disuelto, microorganismos, bacterias, virus, etc. (Olguín, 2010)

2.2.12. Parámetros de calidad de agua

2.3.4.1. Parámetros fisicoquímicos

a. Sólidos disueltos totales

Las corrientes transportan materiales, principalmente sólidos disueltos y sólidos suspendidos. Los primeros se refieren a la materia orgánica en forma iónica y los segundos, a la materia orgánica como detritus y de origen aluvial como restos de rocas, arcilla, arena y similares. Los sólidos suspendidos pueden verse a simple vista como pequeñas partículas y son los que dan turbiedad al agua. Desde el punto de vista ecológico, aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica. Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos y destruye su hábitat natural, los Sólidos disueltos totales se mide con el equipo portátil Modelo HANNA HI98130, generando datos en unidades de ppm. (Roldan, 1992)

b. Alcalinidad

La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido. Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones

de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones. Los iones de bicarbonato y de carbonato son algunos de los iones dominantes presentes en las aguas naturales; por lo tanto, las mediciones de alcalinidad proporcionan información sobre las relaciones de los iones principales y la evolución de la química del agua. Este parámetro está íntimamente ligado con las formas en la cual se encuentran el dióxido de carbono. Cuando el CO_2 penetra en el agua, rápidamente se hidrata formando el ácido carbónico. (Miller, 1994). La alcalinidad en el agua se expresa como la concentración equivalente de iones hidroxilo en mg/l o como la cantidad equivalente de CaCO_3 , en mg/L.

c. Cloruros

Los cloruros ocupan un tercer lugar del porcentaje de los aniones en el agua, estos por lo general expresan la salinidad, por lo mismo es un factor importante en la distribución geográfica de los organismos. La determinación de los cloruros es una prueba relativamente sencilla: se utiliza el cromato de potasio como indicador (amarilla) y se titula con nitrato de plata hasta la obtención de un color anaranjado o rojo ladrillo. (Roldan, 1992). Los cloruros en el agua se expresan como miligramos del ión cloruro (Cl^-) por litros de agua. (ppm).

d. Dureza total

En las aguas continentales está determinada por la concentración de metales alcalinotérreos originados por depósitos calcáreos de la superficie terrestre. Los iones de calcio y magnesio se combinan fácilmente con los bicarbonatos y carbonatos, dando origen a la dureza temporal y con los sulfatos, cloruros, nitratos lo que se conoce como dureza permanente. Debido a que en las aguas naturales los iones más comunes son los de Ca^{++} y Mg^{++} la dureza se define como la concentración de estos iones expresados como carbonato de calcio. (G. Roldan, 1992). La dureza total al definirse como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, es expresado como carbonato de calcio, en miligramos por litro (CaCO_3 mg/L).

e. pH

El agua pura se disocia débilmente en los iones H^+ y OH^- , sin embargo, la constante de disociación es muy pequeña (10^{-14}) y las cantidades de H^+ y OH^- son de 10^{-7} iones-g/L. Las aguas naturales no son puras por lo que las sales, bases y ácidos que en ella se encuentran, influyen en forma diversa sobre la concentración de H^+ y OH^- (Cole, 1988). El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso, en un sentido estricto, es una medida de la concentración molar del ion hidrogenión en un medio acuoso. Los conceptos de pH, alcalinidad y acidez se relacionan mutuamente debido a que el pH de la muestra, se utiliza como criterio para determinar si la capacidad amortiguadora de la muestra en función de su acidez o a su basicidad; en este sentido los conceptos de pH, acidez y alcalinidad, se asemejan mucho a

los de temperatura y calor (Margalef, 1983). El pH de las aguas naturales es regido en gran medida por la interacción de los iones H^+ , de la disociación de H_2CO_3 y iones OH^- proveniente de la hidrólisis de los bicarbonatos. Sus valores oscilan entre 2 y 12, donde las aguas con valores inferiores a 4, provienen de regiones volcánicas que reciben ácidos minerales fuertes, así como debido a la oxidación de la pirita y arcillas. Las aguas naturales ricas en materia orgánica disuelta, presentan valores bajos de pH, especialmente en aquellas zonas donde predominan las turberas. (Roldan, 1992)

f. Conductividad eléctrica

Es la expresión numérica de la capacidad del agua de transportar corriente eléctrica, que depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición. Dentro de los factores que afecta el comportamiento de los iones en la solución, las atracciones y repulsiones eléctricas entre iones y la agitación térmica, son quizá los más importantes. Estos efectos se expresan a través de un parámetro conocido como Fuerza Iónica de la solución (μ). Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicas, son relativamente buenos conductores de la corriente eléctrica. Inversamente, las soluciones acuosas de solutos orgánicos, que no se disocian o se disocian muy poco en el agua, presentan conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura. En la mayoría de las soluciones acuosas, cuanto mayor es la concentración de las sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. La temperatura también influye en los valores de conductividad, puede variar de unión a otro, en general se acepta que ésta aumenta en promedio 3%, por cada grado centígrado que aumenta la temperatura. (Miller, 1994). La capacidad de conductividad de electricidad por una muestra de agua es expresada en S/m, $\mu S/cm$, mho/cm, etc.

g. Salinidad

Es una propiedad considerada importante para caracterizar las aguas de cuerpos de agua naturales como ríos y lagos. Se considera como una medida de la cantidad total de sales minerales disueltas en un volumen determinado de agua, a través de la conductividad eléctrica, densidad, índice de refracción o velocidad del sonido en agua. (Miller, 1994). La cantidad de sales disueltas en una muestra de agua es expresada como mg/L o ppm, es decir la cantidad de sales en gramos por litro.

h. Nitratos

Es la forma disponible para la biota en la cual se halla el nitrógeno, el origen de dicho compuesto en las aguas naturales superficiales y subterráneas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos en la cual se puede mencionar las plantas de tratamiento de aguas

residuales.(Margalef, 1983). Las unidades en que expresan sus determinaciones es en miligramos de nitrógeno bajo la forma de nitrato por litro de agua (mg N-NO₃/L).

i. Nitrógeno amoniacal

Son formas en la que se presenta el nitrógeno como producto de la descomposición de la materia orgánica, su oxidación demanda mucho consumo de oxígeno; es otra fuente de nitrógeno para los organismos, su concentración es baja en medios bien oxigenados. Se puede presentar bajo dos formas, como NH₄⁺ y como NH₄OH no disociado, las proporciones de uno u otro depende fundamentalmente del pH del medio. (Roldan, 1992). El nitrógeno amoniacal es expresado como miligramos de nitrógeno bajo la forma de amoníaco por litro de agua (mg N-NH₃/L).

j. Fosfatos

Son sales o los ésteres del ácido fosfórico y tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Las fuentes de fosfatos en el agua de sistemas naturales pueden provenir de fertilizantes acarreados del suelo por el agua o el viento, materia orgánica en descomposición como excreciones humanas y de animales, detergentes y productos de limpieza. El fosfato total que tiene una muestra de agua se compone de ortofosfato, polifosfatos, compuestos de fósforo inorgánico, siendo por lo general la proporción de ortofosfato. (Wetzel, 1981). Los fosfatos determinados en muestras de agua son expresados como fósforo bajo la forma de ortofosfato por litro (P-PO₄/L).

k. Sulfatos

Los sulfatos son sales que está presentes de forma natural en las aguas de ecosistemas acuáticos, donde las principales fuentes en ella son aquellos procedentes de residuos industriales en importante son las aguas que son tratadas en las plantas de depuración. (Roldan, 1992). Las unidades en que son expresadas las determinaciones de este nutriente es en mg de azufre bajo la forma de sulfato por litro de agua (S-SO₄/L) y mediante precipitación desde la atmósfera; sin embargo en estos últimos años una de las fuentes que se está convirtiendo.

l. Temperatura

La temperatura es una magnitud medible mediante un termómetro. Se la define a nivel físico como una magnitud escalar relacionada con la energía cinética que presentan las moléculas de un cuerpo en éste caso, un cuerpo de agua. A medida que sea mayor la energía cinética, se observa que este se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

2.3.4.1. Parámetro microbiológico

a. Coliformes fecales totales

Representan la fracción de coliformes presentes en intestinos y materias fecales del hombre o animales de sangre caliente. Se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°-45°C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Es un indicador de la calidad bacteriológica del agua y que reviste gran importancia en el ámbito de la salud pública ya que permite garantizar la inocuidad del agua destinada al consumo. (Abbasi, 2012). La presencia de coliformes fecales en muestras de agua es expresada como unidades formadoras de colonia por mL de muestra de agua filtrada (UFC/mL).

2.2.13. Métodos estadísticos en la investigación científica

La estadística nos aporta herramientas que van, desde el análisis e interpretación de datos (estadística descriptiva), al proceso de predicción y toma de decisiones (estadística inferencial). Es tal la importancia que ha adquirido que aparece en prácticamente todas las áreas de trabajo, siendo un factor claro en las predicciones y tomas de decisiones a partir de datos observados. Sin embargo hay un requisito que resulta imprescindible como es que el investigador tenga unos conocimientos básicos sobre estadística para no llegar a conclusiones equivocadas.

Existen un conjunto de herramientas que el investigador científico puede hacer uso para sus trabajos de investigación, uno de éstos es la prueba de análisis de varianza y la prueba de Kruskal-Wallis

2.3. MARCO LEGAL

De acuerdo a las normas que tiene nuestro país los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, son de obligatorio cumplimiento en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, para el cual se establece categorías de ECA de Agua, en la que debe establecer un valor en relación al uso que se le pretende dar al cuerpo natural correspondiente. Por ejemplo, si se quiere destinar la aptitud de un cuerpo de agua para la producción de agua para consumo humano, es obligatorio hacer las determinaciones de los parámetros establecidos en la Categoría. Las categorías consideradas en la presente norma son las siguientes:

Tabla 1. Categorías consideradas en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) aprobado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUBCATEGORIA	DESCRIPCIÓN
Categoría 1-A	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección.
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional.
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado.
Categoría 1-B	Aguas superficiales destinadas a recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
Categoría 2: Actividades de extracción y cultivos marinos costeros y continentales.	Agua de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.
		C3	Otras actividades
	Agua continental	C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivo de tallo alto y bajo
	Parámetros para bebidas de animales	D2	Bebida de animales
Categoría 4	Conservación del Ambiente Acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra
			Ríos de selva
		E3: Ecosistemas marino costeras	Estuarios
		Marinos	

Los valores referenciales para todas las categorías consideradas en el decreto supremo referido: categoría 1-A (aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable), categoría 1-B (aguas destinadas a la recreación), Categoría 2 (actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales), categorías 3 (riego de vegetales y bebida de animales) y categoría 4 (conservación del ambiente acuático) los valores referenciales de los principales parámetros se muestran en el anexo.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Ríos

Son corrientes de agua continua que desembocan en otra corriente de agua o en el mar. Se caracterizan porque fluyen unidireccionalmente con velocidades promedio relativamente altas que varían entre 0,1 y 1 m/s. El flujo en los ríos es altamente variable y depende de las condiciones climáticas y de las características del área de drenaje. En general, los ríos son

cuerpos de agua permanentemente mezclados y en la mayoría de ellos, la calidad del agua es importante en el sentido del flujo.(Sierra, 2011)

2.3.2. Calidad de agua

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Sierra, 2011)

En vista de la complejidad de los factores que determinan la calidad del agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de calidad de agua. Además, la calidad de agua presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua. (Sierra, 2011)

2.3.3. Contaminación

La contaminación es la adición de cualquier sustancia al ambiente, en cantidades tales, que causen efectos adversos a los seres humanos, animales, vegetales o materiales que se encuentren dispuestos a dosis (concentración por tiempo) que sobrepasen los niveles que se encuentran regularmente en la naturaleza.(Miller, 1994)

2.3.4. Fuentes de contaminación natural

Dependiendo de los terrenos que atraviesa, el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ejemplo: sales minerales, calcio, magnesio, hierro, etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar.(Ramírez, 1990)

2.3.5. Fuentes de contaminación artificial

Son producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el ambiente, para los organismos que viven en el agua y son difíciles de eliminar. (Ramírez, 1990) (Límites máximos permisibles, aguas residuales domésticas, medición de calidad de agua)

2.3.6. Límites máximos permisibles

Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente, que al ser excedida causa o puede causar

daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. El límite máximo permisible sirve para el control y fiscalización de los agentes que producen en los efluentes, a efectos de establecer si se encuentran dentro de los parámetros considerados inocuos para la salud, el bienestar humano y el ambiente.

2.3.7. Aguas residuales domiciliarias

Las aguas residuales domiciliarias son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas y urbanas. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

2.3.8. Análisis de Varianza (ANOVA)

La prueba Anova nos permite comparar las medias de n grupos, siendo n mayor o igual a 2. El modelo Anova presupone que las varianzas de los grupos son iguales y que los residuos o errores son aleatorios, independientes e idénticamente distribuidos siguiendo una ley normal con media 0 y desviación constante. La hipótesis nula de la prueba Anova de un factor es:

H0: Las medias de los k grupos son todas iguales

H1: Al menos una de las medias es diferente

Esta prueba se basa en la comparación de las sumas de cuadrados medias debidas a la variabilidad entre grupos y la debida a la variabilidad dentro de los grupos. Ambas sumas son estimaciones independientes de la variabilidad global, de manera que, si el cociente entre la primera y la segunda es grande, se tendrá mayor probabilidad de rechazar la hipótesis nula. Este cociente sigue una distribución F con $n - 1$ y $n - r$ grados de libertad.

2.3.9. Test de Kruskal Wallis

La prueba de Kruskal-Wallis es el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales. Incluso cuando las poblaciones son normales, este contraste funciona muy bien.

También es adecuado cuando las desviaciones típicas de los diferentes grupos no son iguales entre sí, sin embargo, el Anova de un factor es muy robusto y sólo se ve afectado cuando las desviaciones típicas difieren en gran magnitud.

La hipótesis nula de la prueba de Kruskal-Wallis es:

H0: Las k medianas son todas iguales

H1: Al menos una de las medianas es diferente

CAPITULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

El estudio de calidad de agua se realizó en base a los siguientes criterios:

3.1.1. Recursos Humanos

Los recursos humanos que intervinieron en el proceso de investigación fueron los siguientes:

La tesista egresada de Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Alas Peruanas.

La recolección de las muestras de agua se realizó previa capacitación de profesionales con conocimientos sobre la toma de muestras, preservación, transporte y se identificó las zonas de muestreo y los lugares de acceso.

3.1.2. Planificación de la recolección de muestra

La planificación del recojo de muestra se realizó en gabinete con la finalidad de diseñar mejor la evaluación (zonas de monitoreo) e identificar los materiales y equipos a utilizar como el equipo multiparamétrico, fichas de campo entre otros.

3.1.3. Recolección de la muestra simple

Consistió en la toma de una porción de agua, que fue de aproximadamente 1 L en una zona o lugar previamente identificado, por el muestreo representa las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante que se realizó la recolección.

3.1.4. Establecimiento de las zonas de muestreo

La zona de muestreo se ubicó de manera preliminar en gabinete, para ello fue necesario contar con un mapa hidrográfico del río Alameda. Para posteriormente con la ayuda de un GPS navegador llegar a dichos lugares para realizar la toma de muestra y ajustar las coordenadas identificadas en gabinete.

Las coordenadas que ubica a las cuatro zonas de muestreo son los siguientes:

Tabla 2. Ubicación geográfica (UTM) de las zonas de muestreo a lo largo del curso del río Alameda.

Zonas	Nombre	Coordenadas (UTM)		Altitud (msnm)
		Este (m)	Sur (m)	
I	Puente Pérez	583044	8542135	2875
II	Puente Alameda	583740	8543723	2763
III	Puente Evitamiento	584720	8544841	2707
IV	Puente Rumichaca	587839	8547496	2551

FUENTE: Elaboración propia

3.1.5. Recolección de la muestra simple

Consistió en la toma de una porción de agua, que fue de aproximadamente 1 L en una zona o lugar previamente identificado, por el muestreo representa las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante que se realizó la recolección.

3.2 ANÁLISIS DE TABLAS Y FIGURAS

3.1.6. UBICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTAMINACIÓN

Tabla 3. Ubicación y descripción de puntos críticos de contaminación a lo largo del curso del río Alameda, Ayacucho 2016.

FUENTE: Elaboración propia

Puntos de muestreo	Ubicación (coordenadas UTM)		Altitud (msnm)	Descripción
	Este (X)	Sur (Y)		
Puente San Ramón	583732	8543727	2763	Contaminación por aguas residuales domésticas y RR SS
Cerca al puente San Ramón	583725	8543639	2773	Contaminación por material de construcción y por efluente de un alcantarillado por un grifo
Por el recreo El Huamanguino	583645	8543291	2791	Contaminación por aguas residuales de uso domestico
Puente Andamarca	583494	8542901	2791	Contaminación por aguas residuales de uso domestico
Puente de Evitamiento	584700	8544844	2709	Contaminación por residuos solidos
Cerca al puente de Evitamiento	585238	8545190	2672	Por material de construcción y refinado de petróleo y aceites y líquidos usados por una mecánica de carros
Altura del Parque Zoológico "La Totorilla"	585519	8545427	2701	Afluentes del zoológico por el uso de la piscigranja y de los animales

Piscina "Maracaná"	585591	8545581	2680	Afluyente por el uso de la piscina de maracaná y aguas residuales de uso domestico
Cerca de la piscina "Maracaná" Punto crítico de RR SS	585750	8546573	2632	Contaminación por RR SS y descomposición de materia orgánica casi toda la rivereña del rio
Desfogue de efluentes de la PTAR "La Totorá"	585994	8547138	2625	Contaminación directa por la planta de tratamiento de aguas residuales
Cerca de la salida de efluentes de la PTAR "La Totorá"	586036	8547206	2622	Contaminación por aguas residuales domésticas y una piscina cercana
Puente Rumichacca	587835	8547501	2570	Contaminación de RR. SS y afluyente de la PTAR.

En la tabla 3, se observa la ubicación de los que se ha denominado como puntos críticos que representan a los lugares donde se halló fuentes de contaminación puntuales a lo largo del curso del río Alameda desde la altura del Puente Pérez (583044 E, 8542135 S) hasta el Puente Rumichacca (587839 E, 8547496 S). Cabe señalar que debido a la naturaleza de las fuentes de contaminación difusas o intermitentes es prácticamente imposible ubicarlas. Con respecto a las fuentes de contaminación ubicadas en la Tabla 3, que la parte del río que recorre desde el Puente Pérez hasta la Alameda Valdelirios, se caracteriza por ser un tramo en la que existe mucha influencia antrópica, ya que los domicilios se hallan prácticamente a unos pocos metros del curso del río, por lo que ven en ella como el lugar más fácil para deshacerse de los residuos que generan (aguas residuales domiciliarias y residuos sólidos), esta situación se complica aún más ya que se ha podido detectar mataderos informales de animales domésticos (porcino y ovejas) cuyos residuos son eliminados a las aguas del río. Es importante resaltar que, en la parte cercana al Puente Pérez, no existe servicio de agua residuales, por lo que los pobladores se ven obligados a eliminar dichos residuos en otros lugares, siendo el río una alternativa.

El Puente Evitamiento es otro punto crítico de importancia debido a que es el lugar donde confluyen las aguas de la quebrada de Chaquiwaycco en la que se ha apreciado que las aguas que conducen son de un color muy oscuro, probablemente debido al efecto de la contaminación de aguas residuales y residuos sólidos. Por otro lado, en esta misma zona se ha podido detectar mecánicas que eliminan sus residuos, como aceites y lubricantes, en el río.

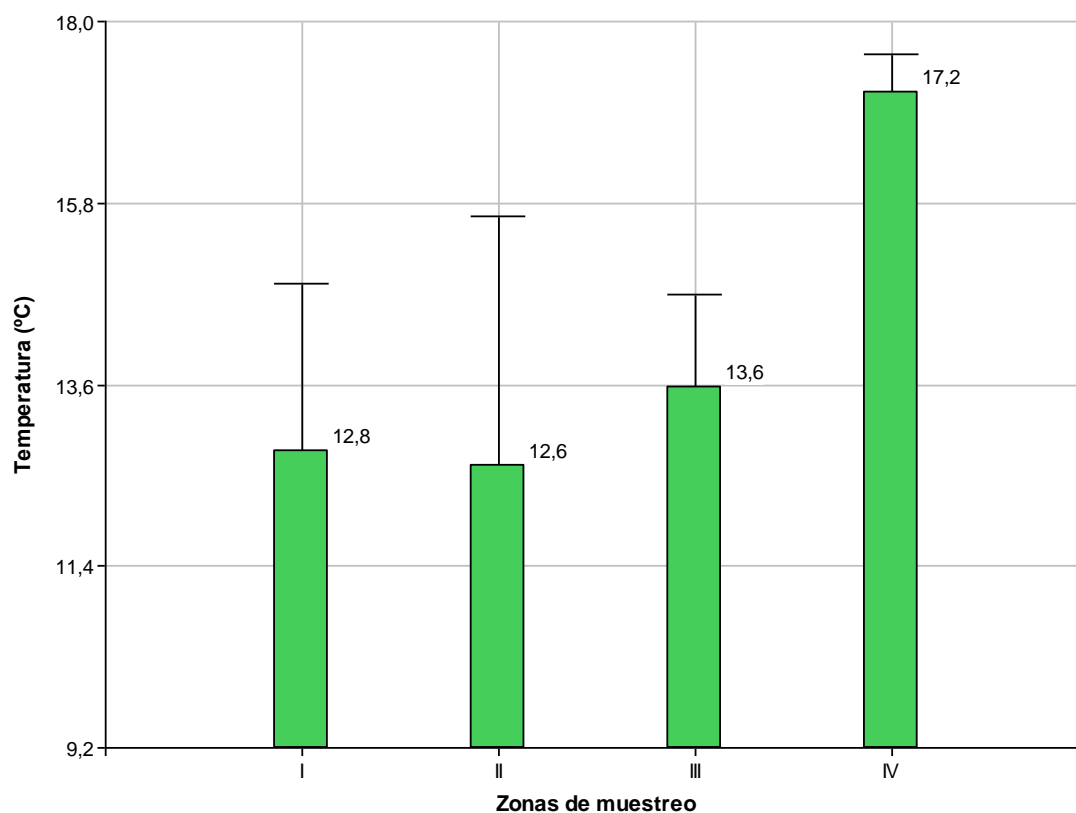
Otro punto de importancia de contaminación por la cantidad de agua que produce, es el Parque Zoológico "La Totorilla", se ha podido apreciar que las aguas empleadas para la cría de peces y para la alimentación de los animales, así como de la limpieza de los albergues donde se hallan los animales, es eliminada directamente al río, sin ningún proceso de tratamiento. Es importante señalar que al existir animales silvestres, muy probablemente muchos de ellos

presentan parásitos, siendo potencialmente contaminantes para las personas que hacen uso de las aguas del río, como por ejemplo para el riego.

Las aguas efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá”, se constituyen como fuentes de alteración, ya que al río son eliminadas volúmenes importantes de aguas tratadas que de por sí contienen gran cantidad de materia orgánica viva, como fito y zooplancton, que aguas abajo dejan de existir por las condiciones del río e incrementan la materia orgánica, con la consecuente alteración de sus condiciones fisicoquímicas. Por otro lado también, se aprecia en dicho lugar la presencia de gran cantidad de residuos sólidos domiciliarios y de construcción (desmonte) que son acumulados en grandes cantidades en las riberas del río.

3.1.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Figura 1.- Valores promedios y desviación típica de la temperatura del agua en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

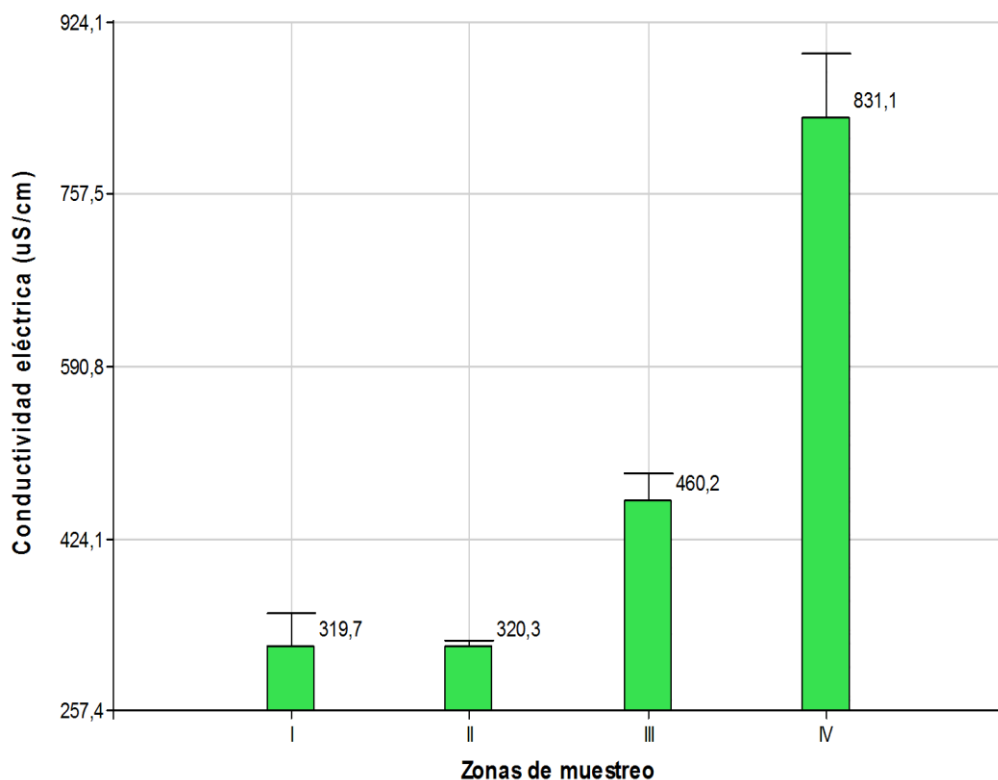
Tabla 4. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la temperatura del agua en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016

Variable	Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
T (°C)	I	4	12,8	8,71	0,0331
T (°C)	II	4	12,63		
T (°C)	III	4	13,58		
T (°C)	IV	4	17,18		

En la figura 1, se observa los valores promedios y desviación típica de la temperatura registrada en las aguas de las cuatro zonas de muestreo (Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca), donde se registraron 12.8, 12.6, 13.6 y 17.2 °C, respectivamente.

Se aprecia que las menores temperaturas fueron registradas en las zonas I, II y III, mientras que en la zona IV fue registrado la mayor temperatura. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 18, donde el mayor valor fue hallado en el puente Rumichaca, siendo significativamente mayor en comparación con las otras tres zonas.

Figura 2. Valores promedios y desviación típica de la conductividad eléctrica de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

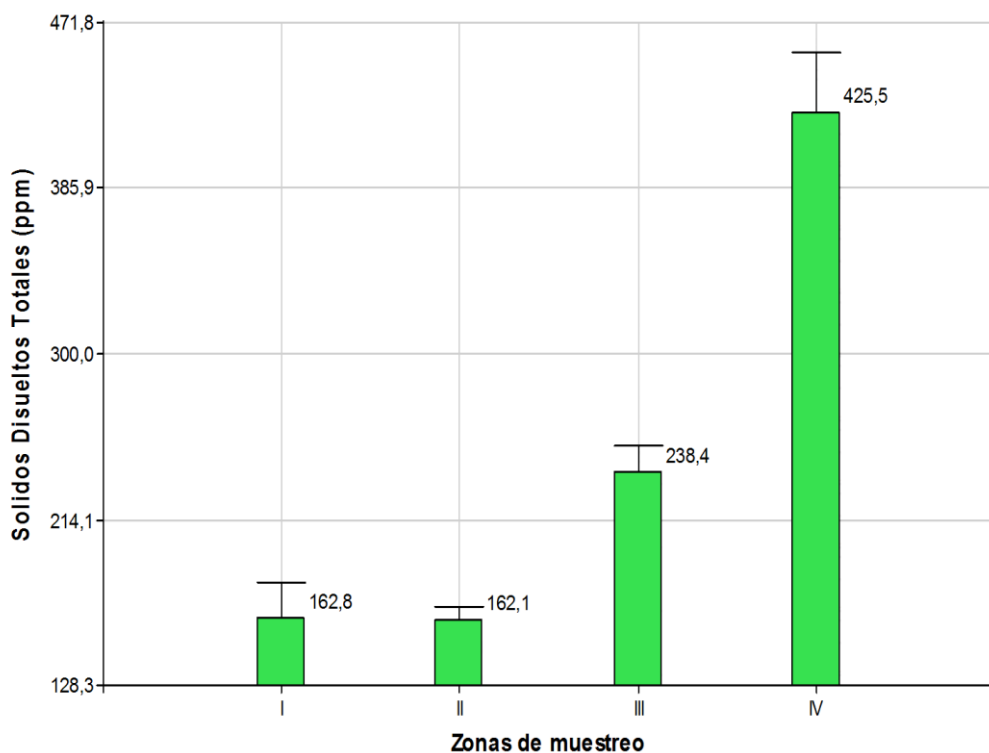
Tabla 5. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la conductividad eléctrica de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	320,3	12,71	0,0053
Puente Evitamiento	4	460,2		
Puente Perez	4	319,7		
Puente Rumichaca	4	831,08		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 2, se observa los valores promedios y desviación típica de la conductividad eléctrica de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I y II (Puente Pérez, Puente Alameda) se registra 319.7 y 320.3 uS/cm respectivamente, mientras para la zona III y IV (Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 460.2 y 831.1 uS/cm. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia la última zona de muestreo llegando a valores de 831.1 μ S/cm. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 9, donde los mayores valores son registrados en la última zona, como consecuencia de la adición de las aguas de la PTAR de La Totora, ya que ésta planta tiene por finalidad promover la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Figura 3.- Valores promedios y desviación típica de los sólidos disueltos totales de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

II: Puente Alameda

III: Puente Evitamiento

IV: Puente Rumichaca

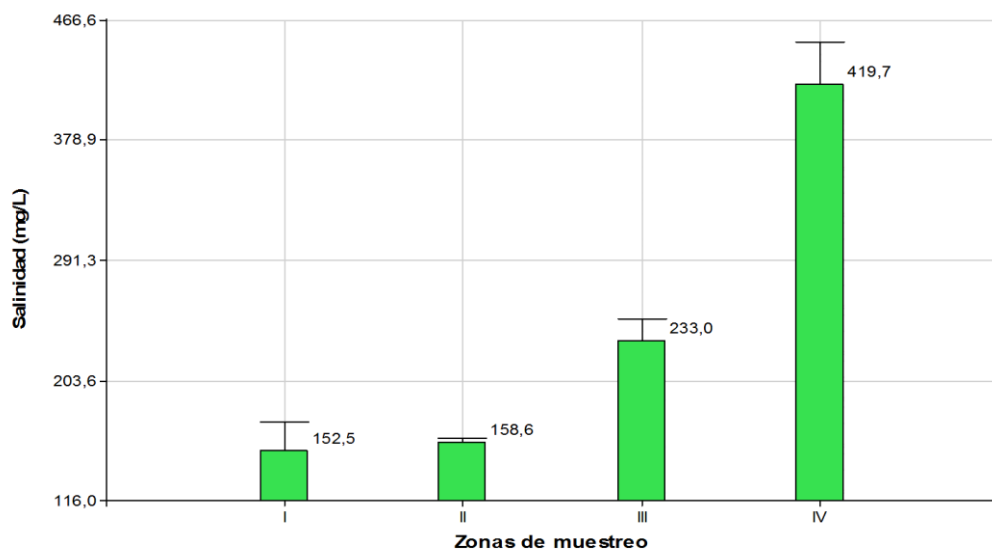
Tabla 6. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los sólidos disueltos totales de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho, 2016.

Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	162,1	12,71	0,0053
Puente Evitamiento	4	238,45		
Puente Perez	4	162,8		
Puente Rumichaca	4	425,48		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 3, se observa los valores promedios y desviación típica de los sólidos disueltos totales de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda del cual podemos mencionar que en la zona I y II (Puente Pérez, Puente Alameda) se registra 162.8 y 162.1 ppm respectivamente, mientras para la zona III y IV (Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 238.4 y 425.5 ppm. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia la última zona de muestreo llegando a valores de 425.5 ppm. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0.05$), tal como se observa en la tabla 10, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Tatora, ya que ésta planta tiene por finalidad promover la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Figura 4. Valores promedios y desviación típica de la salinidad en las aguas de las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

II: Puente Alameda

III: Puente Evitamiento

IV: Puente Rumichaca

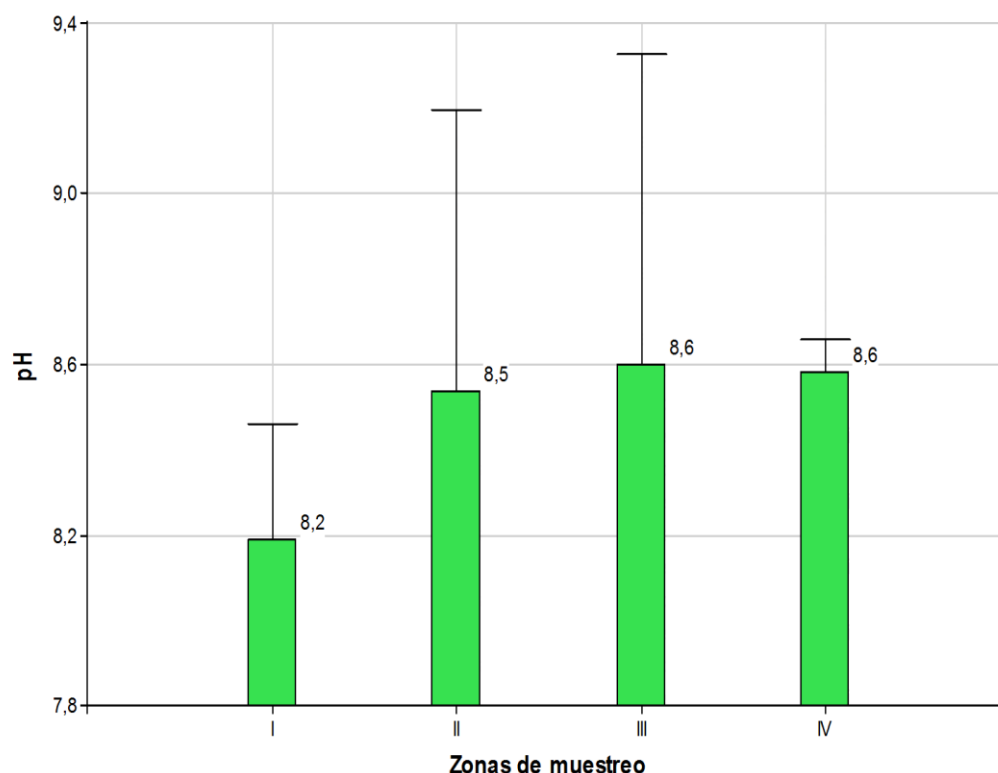
Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la salinidad de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	158,55	13,06	0,0045
Puente Evitamiento	4	233		
Puente Perez	4	152,48		
Puente Rumichaca	4	419,7		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 4, se observa los valores promedios y desviación típica de la salinidad de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I y II (Puente Pérez, Puente Alameda) se registra 152.5 y 158.6 mg/L respectivamente, mientras para la zona III y IV (Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 233.0 y 419.7 mg/L. Esta característica del agua está relacionada con la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales, por lo que muestra un comportamiento similar. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia la última zona de muestreo llegando a valores de 831,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 11, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá, ya que ésta planta tiene por finalidad promover la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Figura 5.- Valores promedios y desviación típica del pH de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el pH de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016

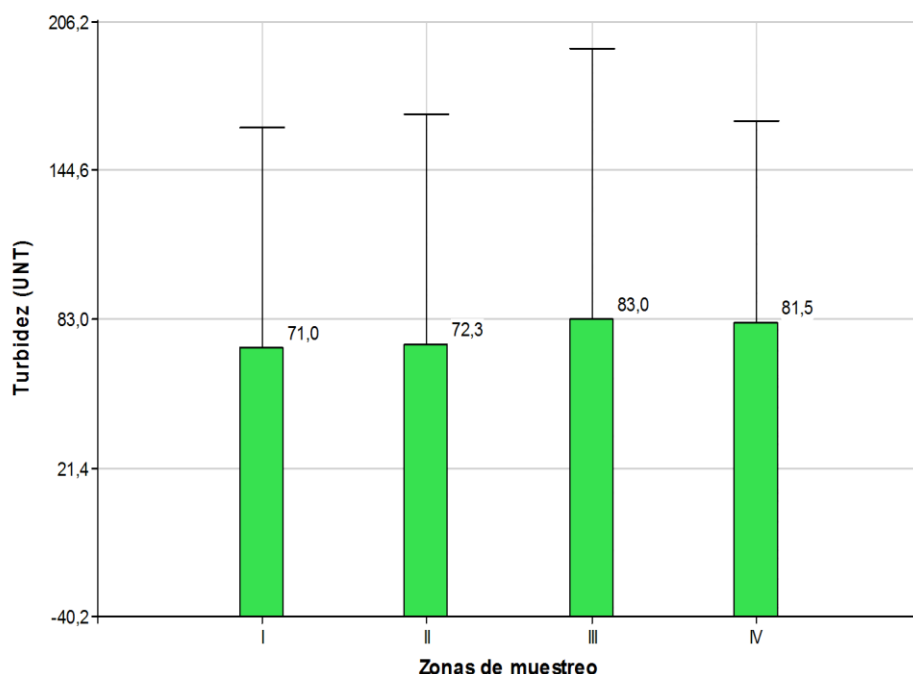
Variable	Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
pH	Puente Alameda	4	8,55	4,7	0,1953
pH	Puente Evitamiento	4	8,61		
pH	Puente Pérez	4	8,21		
pH	Puente Rumichaca	4	8,59		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 5, se observa los valores promedios y desviación típica del pH de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I (Puente Perez) se registra 8.2; mientras para la zona II, III y IV (Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca), se registra valores más elevados como 8.5, 8.6 y 8.6 respectivamente. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis no se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 12.

Figura 6.- Valores promedios y desviación típica de la turbidez de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 9. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la turbidez de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Variable	Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
Turbidez (UNT)	Puente Alameda	4	72,25	0,79	0,85
Turbidez (UNT)	Puente Evitamiento	4	83		
Turbidez (UNT)	Puente Pérez	4	71		
Turbidez (UNT)	Puente Rumichaca	4	81,5		

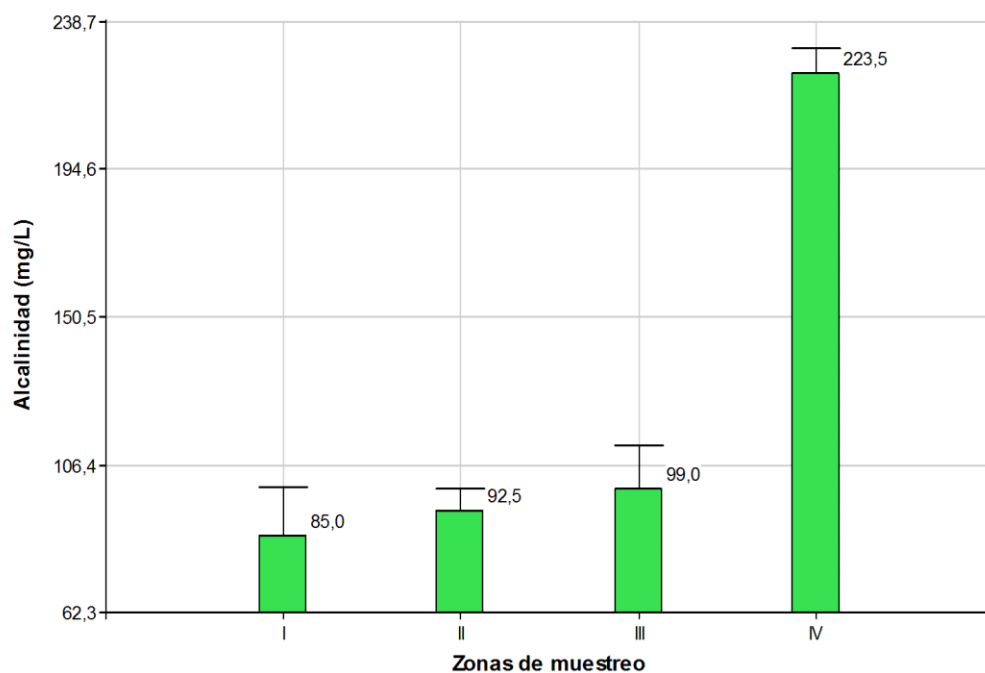
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 6, se observa los valores promedios y desviación típica de la turbidez de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I, II, III y IV (Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca), se registra valores similares entre sí, como 71.0, 72.3 y 83.0 y 81.5 mg/L respectivamente. Los

valores de esta característica de por si ya se hallan muy elevadas desde la cabecera del río, debido a que sus aguas contienen gran cantidad de sólidos en suspensión.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis no se halló significancia estadística ($p > 0,05$), tal como se observa en la tabla 13.

Figura 7.- Valores promedios y desviación típica de alcalinidad total en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propio

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la alcalinidad de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

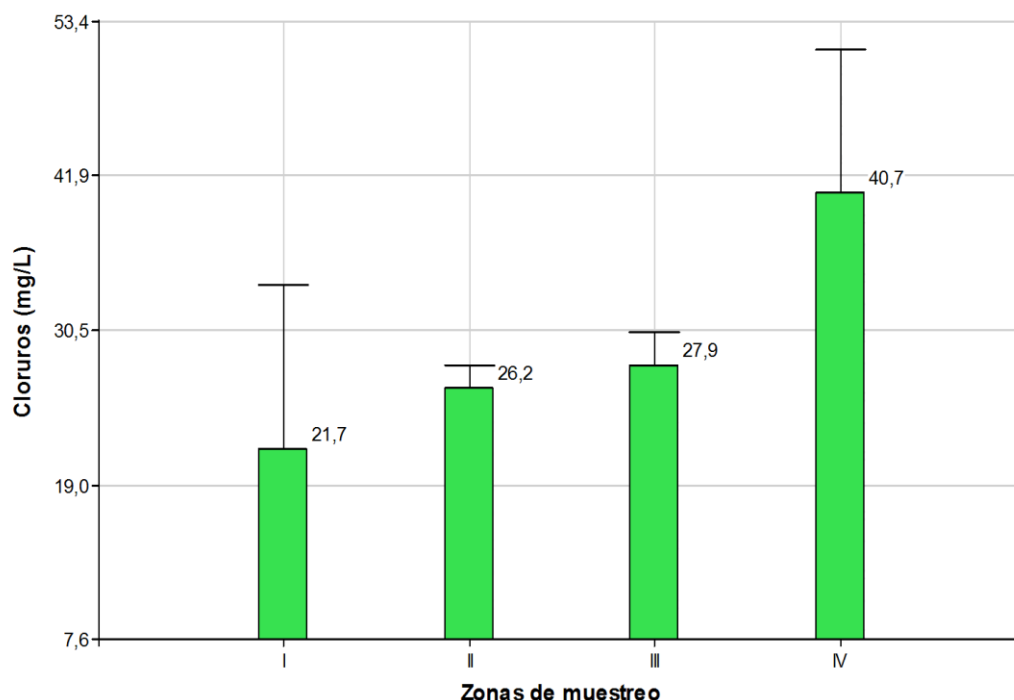
Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	92,5	9,34	0,025
Puente Evitamiento	4	99		
Puente Perez	4	85		
Puente Rumichaca	4	223,5		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 7, se observa los valores promedios y desviación típica de los valores de alcalinidad total en las aguas recolectadas de las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I, II y III (Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento), se registra 85, 92,5 y 99 mg/L respectivamente, mientras para la zona IV (Puente

Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo es 223,5 mg/L. del cual podemos mencionar que los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia el última zona de muestreo. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 14, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá.

Figura 8.- Valores promedios y desviación típica de cloruros en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los cloruros de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016

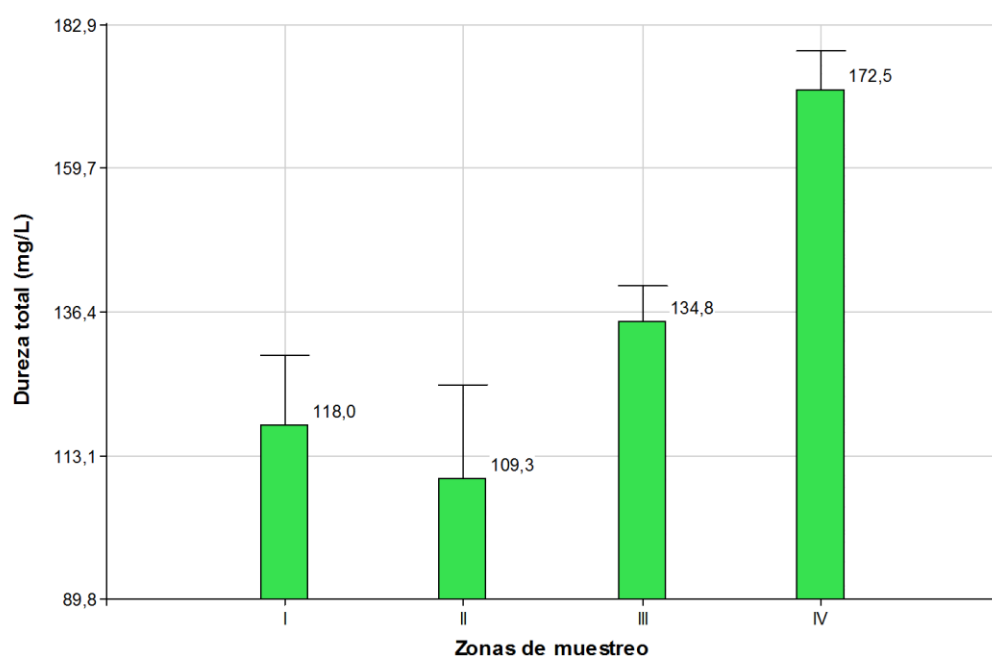
Variable	Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
Cloruros (mg/L)	Puente Alameda	4	26,18	6,2	0,1013
Cloruros (mg/L)	Puente Evitamiento	4	27,85		
Cloruros (mg/L)	Puente Pérez	4	21,73		
Cloruros (mg/L)	Puente Rumichaca	4	40,7		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 8, se observa los valores promedios y desviación típica de los valores de cloruros en las aguas recolectadas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual se

observa que en la zona I, II y III (Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento), se registra 21.7, 26.2 y 27.9 mg/L respectivamente, mientras para la zona IV (Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo es 40.7 mg/L. del cual podemos mencionar que los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis no se halló significancia estadística ($p > 0,05$), tal como se observa en la tabla 15; sin embargo, se resalta que el hecho que los cloruros en aguas continentales tienen como origen por lo general en la adición de orina (aguas residuales), lo que probablemente esté afectando las aguas de dicho río a lo largo de su recorrido.

Figura 9.- Valores promedios y desviación típica de la dureza total de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

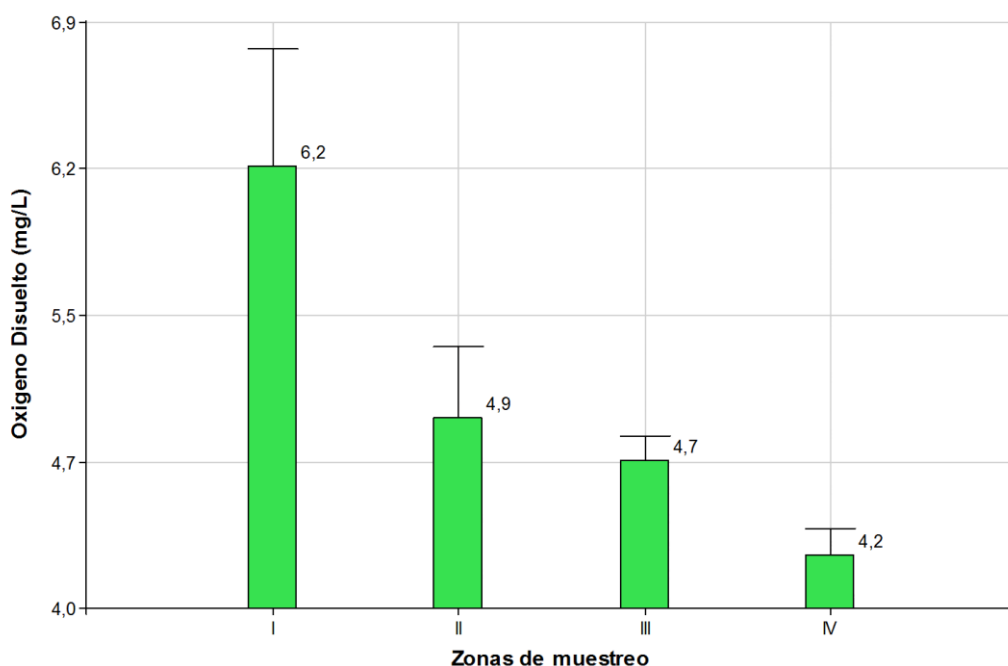
Tabla 12. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la dureza total de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016

Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	109,25	12,18	0,0067
Puente Evitamiento	4	134,75		
Puente Perez	4	118		
Puente Rumichaca	4	172,5		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 9, se observa los valores promedios y desviación típica de la dureza total de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona, II y III (Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento), se registra 118.0, 109.3 y 134.8 mg/L respectivamente, mientras para la zona IV (Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo es 172,5 mg/L. del cual podemos mencionar que los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia la última zona de muestreo. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 16, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Titora.

Figura 10.- Valores promedios y desviación típica del oxígeno disuelto de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

II: Puente Alameda

III: Puente Evitamiento

IV: Puente Rumichaca

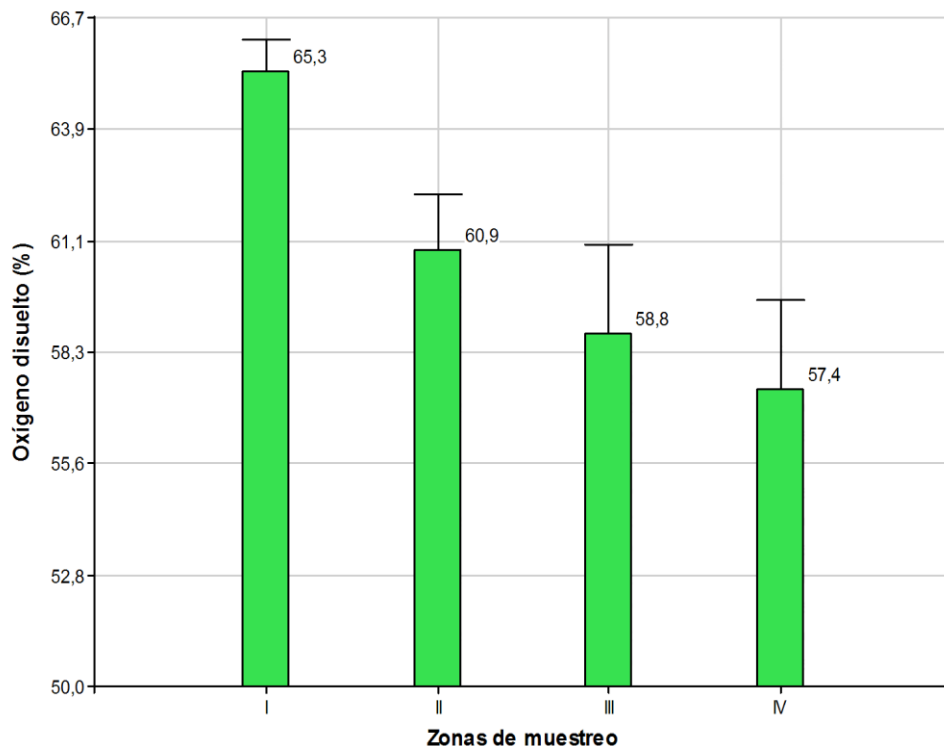
Tabla 13. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el oxígeno disuelto de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	4,94	12,9	0,0048
Puente Evitamiento	4	4,72		
Puente Perez	4	6,2		
Puente Rumichaca	4	4,25		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 10, se observa los valores promedios y desviación típica del oxígeno disuelto de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I (Puente Pérez) se registra 6,2 mg/L, mientras para la zona II, III y IV (Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró menores valores siendo este 4.9, 4.7 y 4.2 mg/L. Los valores de oxígeno disuelto disminuyen aguas abajo, siendo menor la concentración en la última zona de muestreo. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 17, donde los menores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de materia orgánica a las aguas del río Alameda, más como consecuencia de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá.

Figura 11. Valores promedios y desviación típica de oxígeno disuelto expresado en porcentaje de saturación en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 14. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el oxígeno disuelto expresado en porcentaje de saturación en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

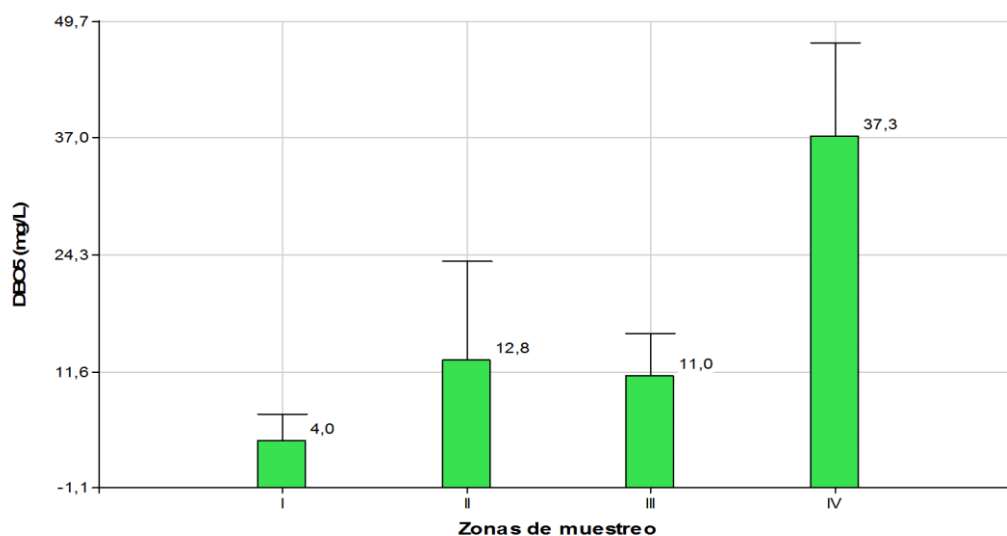
Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	60,88	10,92	0,0122
Puente Evitamiento	4	58,78		
Puente Perez	4	65,33		
Puente Rumichaca	4	57,4		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 11, se observa los valores promedios y desviación típica de oxígeno disuelto expresado en porcentaje de saturación en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I (Puente Pérez) se registra 65,3 mg/L, mientras para la zona II, III y IV (Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca)

se registró menores valores siendo este 60.9, 58.8 y 57.4 mg/L. Los valores de oxígeno disuelto disminuyen aguas abajo, siendo menor la concentración en la última zona de muestreo. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 18, donde los menores valores son registrados en la última zona, esto como consecuencia de la adición de materia orgánica a las aguas del río Alameda, más como consecuencia de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá.

Figura 12.- Valores promedios y desviación típica de DBO₅ en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Pérez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 15. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la alcalinidad de la DBO₅ en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016

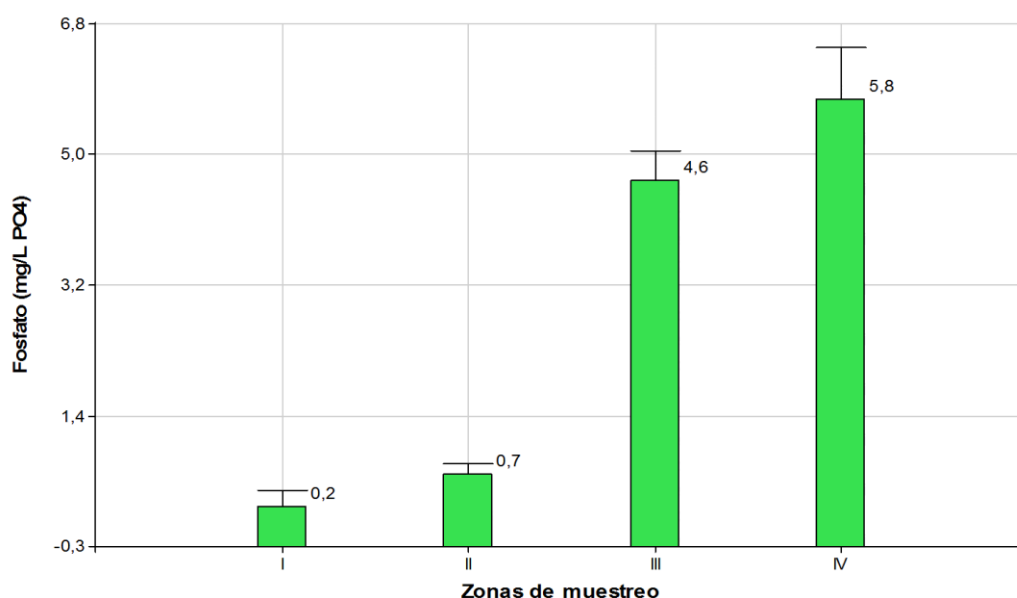
Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	12,75	10,1	0,0174
Puente Evitamiento	4	11		
Puente Pérez	4	4		
Puente Rumichaca	4	37,25		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 12, se observa los valores promedios y desviación típica de DBO₅ en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I, II y III (Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento), se registra 4.0, 12.8 y 11.0 mg/L respectivamente, mientras para la zona IV (Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo es 37.3 mg/L. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo,

pero hay un incremento mayor en la última zona de muestreo. Este incremento gradual y sostenido es como consecuencia de la adición de materia orgánica, la que principalmente se hace a través de aguas residuales que son incorporados al curso del río. En la zona de Puente Rumichaca, se observa los máximos valores con 37,3 mg/L. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 19, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá, además de las aguas residuales que son incorporados en el recorrido del río.

Figura 13.- Valores promedios y desviación típica de fosfatos (ortofosfato) en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

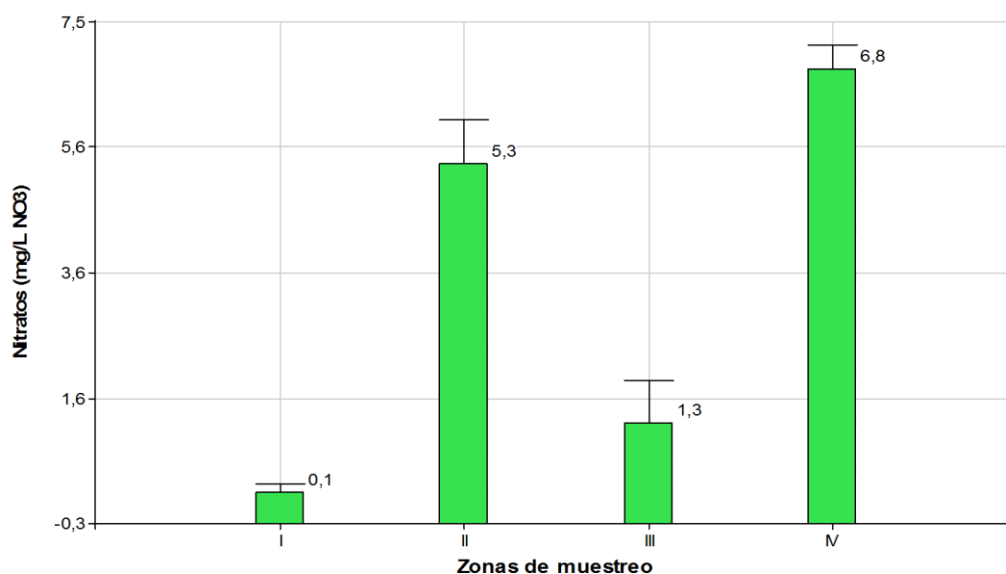
Tabla 16. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la concentración de fosfatos en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	0,65	13,95	0,003
Puente Evitamiento	4	4,65		
Puente Perez	4	0,2		
Puente Rumichaca	4	5,78		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 13, se observa los valores promedios y desviación típica de fosfatos (ortofosfato) en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I y II (Puente Pérez, Puente Alameda) se registra 0.2 y 0.7 mg/L respectivamente, mientras para la zona III y IV (Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 4.6 y 5.8 mg/L. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia la última zona de muestreo llegando a valores de 5,8 mg/L. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en tabla 20, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totora, ya que ésta planta tiene por finalidad promover la descomposición y mineralización de la materia orgánica, proceso en el cual se libera el fósforo de la materia orgánica.

Figura 14. Valores promedios y desviación típica de la concentración de nitratos (NO_3) en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez
II: Puente Alameda

III: Puente Evitamiento
IV: Puente Rumichaca

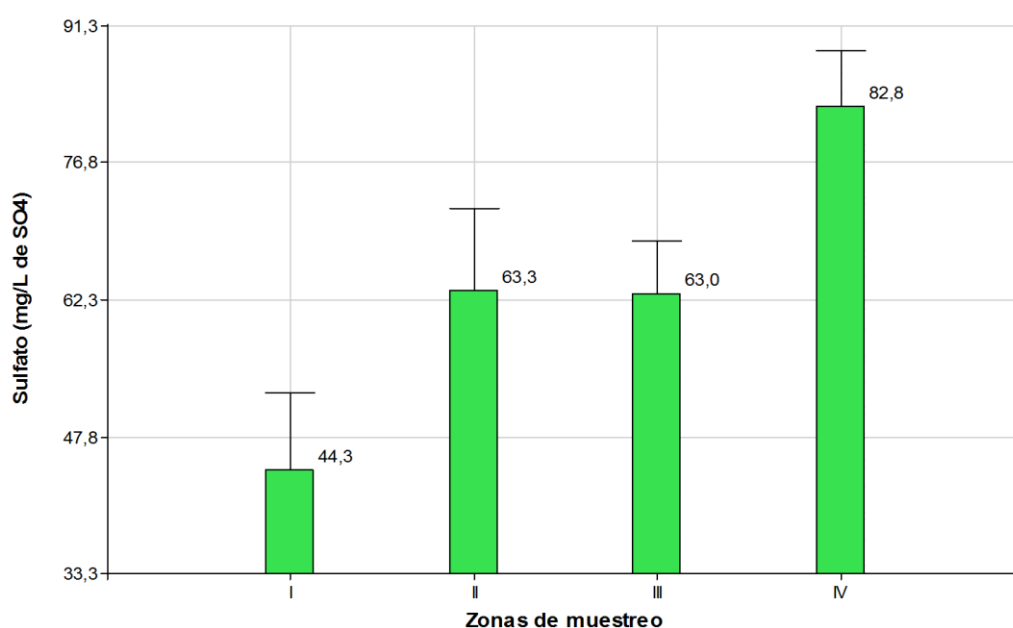
Tabla 17. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la concentración de nitratos de las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	5,3	14,12	0,0027
Puente Evitamiento	4	1,25		
Puente Perez	4	0,15		
Puente Rumichaca	4	6,8		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 14, se observa los valores promedios y desviación típica de la concentración de nitratos en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I y III (Puente Pérez y Puente Evitamiento) se registra 0.1 y 1.3 mg/L respectivamente, mientras para la zona II y IV (Puente Alameda y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 5.3 y 6.8 mg/L. Los valores se incrementan de manera abrupta de la zona I a la zona II, mientras para la zona III se reduce llegando a valores de 1.3 mg/L. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en el Anexo 21, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá, y en la que se agregan cantidades apreciables de este nutriente, ya que ésta planta tiene por finalidad promover la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Figura 15. Valores promedios y desviación típica del sulfato (SO_4) de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Perez
 II: Puente Alameda

III: Puente Evitamiento
 IV: Puente Rumichaca

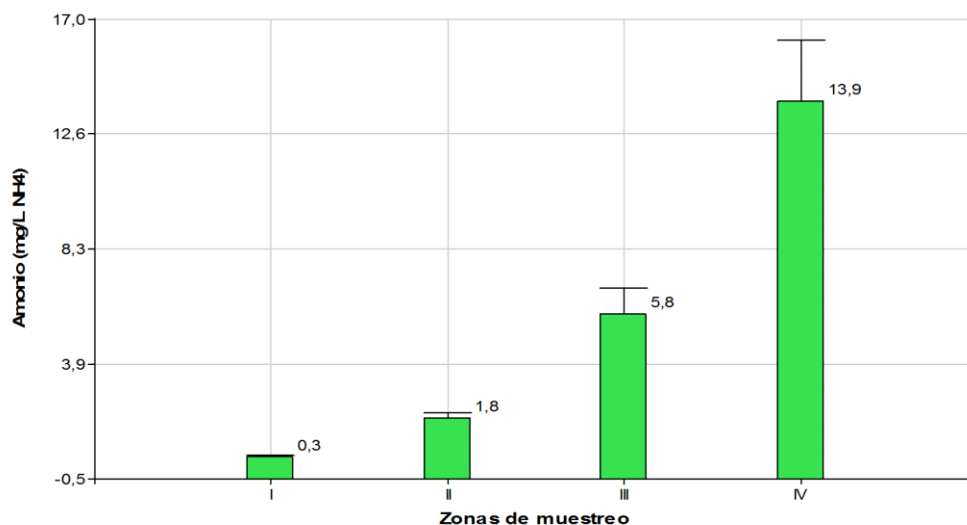
Tabla 18. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los sulfatos en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de muestreo	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	63,25	11,94	0,0072
Puente Evitamiento	4	63		
Puente Perez	4	44,25		
Puente Rumichaca	4	82,75		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 15, se observan los valores promedios y desviación típica del sulfato de las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I (Puente Pérez) se registra 44.3 mg/L, mientras para la zona II, III, IV (Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 63.3, 63.0 y 82.8 mg/L. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento abrupto hacia la última zona de muestreo llegando a valores de 82,8 mg/L. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 22, donde los mayores valores son registrados en la última zona, seguramente como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá, y en la que se agregan cantidades apreciables de éste nutriente, ya que ésta planta tiene por finalidad promover la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Figura 16.- Valores promedios y desviación típica del amonio (NH₄) en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propia

I: Puente Pérez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 19. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la concentración de amonio en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016

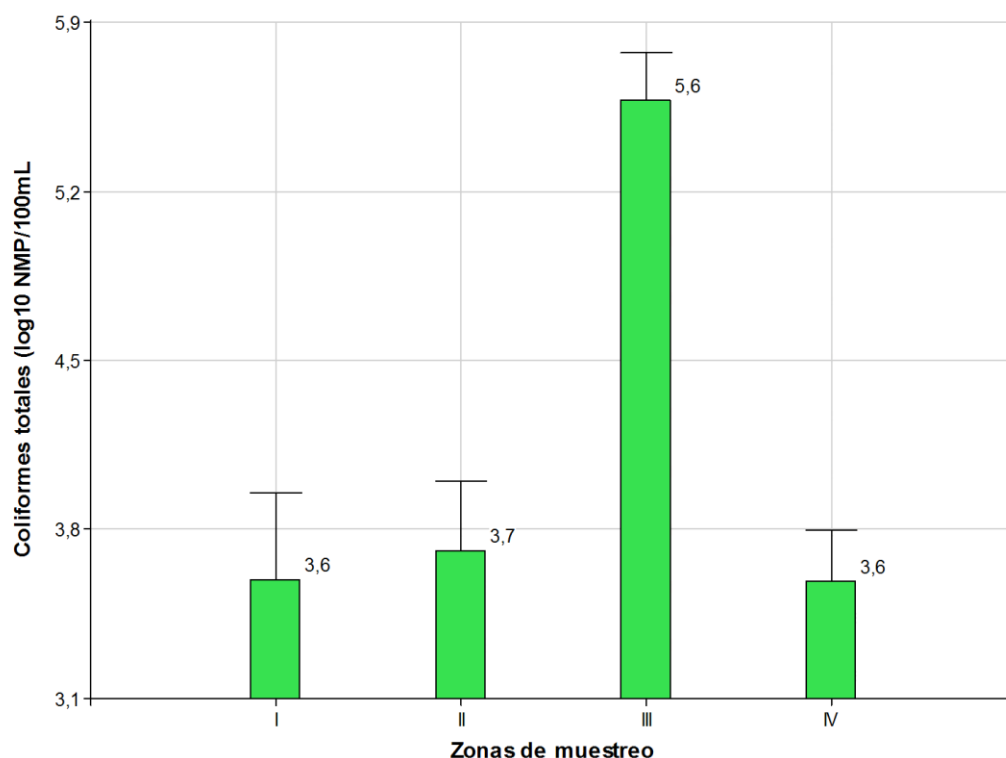
Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	1,8	14,12	0,0027
Puente Evitamiento	4	5,79		
Puente Pérez	4	0,33		
Puente Rumichaca	4	13,88		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 16, se observa los valores promedios y desviación típica del amonio en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I y II (Puente Pérez, Puente Alameda) se registra 0.3 y 1.8 mg/L respectivamente, mientras para la zona III y IV (Puente Evitamiento y Puente Rumichacca) se registró un valor más elevado siendo este 5.8 y 13.9 mg/L. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, pero hay un incremento mayor hacia aguas abajo. Este compuesto es derivado de la descomposición de la materia orgánica, por lo que es lógico su incremento ya que se observó a lo largo del recorrido del río la adición de materia orgánica. En la última zona de muestreo se observa los máximos valores con 13,9 mg/L. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 23, donde los mayores valores son registrados en la última zona, como consecuencia de la adición de las aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Totorá.

3.1.8. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Figura 17. Valores promedios y desviación típica del logaritmo de coliformes totales en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.



FUENTE: Elaboración propio

I: Puente Perez

III: Puente Evitamiento

II: Puente Alameda

IV: Puente Rumichaca

Tabla 20. Valores promedios máximos y mínimos de coliformes totales en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de muestreo	Variable	Media	Mínimo	Máximo
I	Coliformes totales (NMP/100 mL)	5025	2100	13000
II	Coliformes totales (NMP/100 mL)	5875	3000	13000
III	Coliformes totales (NMP/100 mL)	427500	210000	600000
IV	Coliformes totales (NMP/100 mL)	3900	2300	6000

Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar la cantidad de coliformes totales en las aguas en las cuatro zonas de muestreo del río Alameda, Ayacucho 2016.

Zonas de mues	N	Medias	H	p
Puente Alameda	4	5875	9,28	0,025
Puente Evitamiento	4	427500		
Puente Perez	4	5025		
Puente Rumichaca	4	3900		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la figura 17, se observa los valores promedios y desviación típica del logaritmo de coliformes fecales en las aguas en cuatro zonas de muestreo del río Alameda, del cual podemos mencionar que en la zona I, II y IV (Puente Pérez, Puente Alameda y Puente Rumichacca), se registra 3.6, 3.7 y 3.6 \log_{10} NMP/100ml. respectivamente, mientras para la zona IV (Puente Evitamiento) se registró un valor más elevado siendo este 5.6 \log_{10} NMP/100ml. Los valores se incrementan de manera gradual hacia aguas abajo, siendo la zona tres en la que se halló los máximos valores. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis se halló significancia estadística ($p < 0,05$), tal como se observa en la tabla 24, donde los mayores valores son registrados en el puente evitamiento, como consecuencia de que en dicha zona se halla luego de la mayor parte de la ciudad de Ayacucho, en la que recibe el impacto de las aguas residuales que se agregan a ella, más teniendo en cuenta que unos metros más arriba se halla la contribución de una quebrada, la misma que se halla muy impactada por aguas residuales.

Tabla 22. Valores promedio de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las cuatro zonas de muestreo del río Alameda en comparación con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.

Parámetros	Zonas de muestreo				Categoría 3	
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Riego de Vegetales	Bebida de animales
Temperatura (°C)	12.8	12.63	13.58	17.18	Δ 3	Δ 3
Conductividad eléctrica (uS/cm)	319.7	320.3	460.2	831.1	2500	5000
Sólidos disueltos totales (ppm)	162.8	162.1	238.4	425.5	-	-
Salinidad (mg/L)	152.5	158.6	233	419.7	-	-
pH	8.2	8.5	8.6	8.6	6.5-8.5	6.5-8.4
Turbidez (UNT)	71.0	72.3	83.0	81.5	-	-
Alcalinidad (mg/L)	85.0	92.5	99.0	223.5	-	-
Cloruros (mg/L)	21.7	26.2	27.9	40.7	500	-
Dureza total (mg/L)	118.0	109.3	134.8	172.5	-	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.2	4.9	4.7	4.2	4	5
DBO5 (mg/L)	4.0	12.8	11.0	37.3	15	15
Fosfato (mg/L PO4)	0.2	0.7	4.6	5.8	-	-
Nitratos (mg/L NO4)	0.1	5.3	1.3	6.8	100	100
Sulfato (mg/L SO4)	44.3	63.3	63.0	82.8	1000	1000
Amonio (mg/L NH4)	0.3	1.8	5.8	13.9	-	-
Coliformes fecales (log 10 NMP/100ml)	5025	5875	427500	3900	1000	5000

En la tabla 4, se observa los valores promedio de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las cuatro zonas de muestreo del río Alameda en comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua según el DS N° 015-2015-MINAM de la categoría III (Riego de vegetales y bebidas de animales), se considera esta categoría ya que las aguas del río Alameda son utilizadas para el riego de plantas frecuentemente de porte

arbustivo, herbáceo y de poca longitud de tallo, del cual se muestra resultados como la conductividad eléctrica, cloruros, nitratos, sulfatos y coliformes fecales, mientras que el pH de la zona I se encuentra dentro del rango, en comparación con las Zona II, III y IV los cuales se encuentran por encima del rango establecido por el ECA, lo cual nos indica que está contaminada. Otro aspecto importante que se observa en la Tabla en referencia, es que para la categoría 3, no están considerados los parámetros de sólidos disueltos totales, salinidad, turbidez, alcalinidad, cloruros, dureza total, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos y amonio, parámetros que fueron determinados de manera adicional de modo que nos puedan brindar mayor información sobre el estado ambiental del río, dichos parámetros si se mencionan en la categoría 1 (poblacional y recreacional), así como en la categoría 4 (conservación del ambiente acuático)

3.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.2.1. CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECIFICA

a. Problema

¿Cómo influyeron las aguas residuales domiciliarias sobre las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda?

b. Objetivo

Determinar la influencia de las aguas residuales domiciliarias sobre las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda.

c. Hipótesis

Las aguas residuales domiciliarias determinan cambios importantes en las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda.

La influencia de las aguas residuales domiciliarios en las características físico-químicas del río Alameda fueron comparadas entre sí en las cuatro zonas de muestreo, mediante la prueba de Kruskal-Wallis, en la que las hipótesis estadísticas planteadas fueron:

Ho: la influencia de las aguas residuales domiciliarias en las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) en las cuatro zonas de muestreo son iguales

Hi: la influencia de las aguas residuales domiciliarias en las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) en las cuatro zonas de muestreo son diferentes

Se obtuvo significancia estadística ($p < 0.05$), en los parámetros de pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica, excepto cloruros, por lo que se rechaza la Ho y consecuentemente se acepta la Hi, lo que se interpreta que las características físico-químicas del agua del río Alameda son diferentes en cada zona de muestreo, a excepción del parámetro de cloruros que

nos indica que en las cuatro zonas de muestro se encuentran en cantidades similares. Así mismo se muestra que las características físico-químicas de las zonas de rio abajo presentan valores gradualmente elevados esto como consecuencia del vertido de las aguas residuales de la planta de tratamiento y de la descomposición y acumulación de la materia orgánica.

3.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA

a. Problema

¿Cómo influyen las aguas residuales domiciliarias sobre las características microbiológicas (Coliformes fecales) del río Alameda?

b. Objetivo

Determinar la influencia de las aguas residuales domiciliarias sobre las características microbiológicas (Coliformes fecales) del río Alameda.

c. Hipótesis

Las aguas residuales domiciliarias determinan el incremento de los coliformes fecales en las aguas del río Alameda

La influencia de las aguas residuales domiciliarios en las características microbiológicas (Coliformes fecales) del rio Río Alameda fueron comparadas entre sí en las cuatro zonas de muestreo, mediante la prueba de Kruskal-Wallis, en la que las hipótesis estadísticas planteadas fueron:

Ho: la influencia de las aguas residuales domiciliarias en las características microbiológicas (Coliformes fecales) en las cuatro zonas de muestreo son iguales

Hi: la influencia de las aguas residuales domiciliarios en las características microbiológicas (Coliformes fecales) en las cuatro zonas de muestreo son diferentes.

Se obtuvo significancia estadística ($p < 0.05$), en los parámetros microbiológicos (Coliformes fecales), por lo que se rechaza la Ho y consecuentemente se acepta la *Hi*, lo que se interpreta como que la presencia de los coliformes fecales del agua del rio Alameda son diferentes en cada zona de muestreo. Así mismo se muestra que esta característica incrementa a medida que el rio transcurre elevándose mayormente en la tercera zona de estudio para luego ir descendiendo en la última zona de estudio, esto como consecuencia del vertido de las aguas residuales de la planta de tratamiento y de la descomposición y acumulación de la materia orgánica.

3.2.3. CONTRASTACIÓN DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECIFICA

a. Problema

¿Cuáles son los niveles de las características fisicoquímicas y microbiológicas determinadas en el río Alameda en comparación con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM?

b. Objetivo

Determinar los niveles de las características fisicoquímicas y microbiológicas en el río Alameda en comparación con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.

c. Hipótesis

Las características fisicoquímicas y microbiológicas determinadas en el río Alameda se hallan fuera de los límites establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.

Las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda de las cuatro zonas de muestreo, como producto de la influencia de aguas residuales domiciliarios que se vierten en ella, fueron comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (Categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales), en la que las hipótesis estadísticas planteadas fueron:

Ho: Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las cuatro zonas de muestreo no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 015-2015-MINAM (Categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales).

Hi: Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las cuatro zonas de muestreo si sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 015-2015-MINAM (Categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales).

Comparando los valores promedios de las características fisicoquímicas de las cuatro zonas de muestreo con los valores señalados en el DS N° 015-2015-MINAM (Categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales) se determinó que las características fisicoquímicas no sobrepasan los límites máximos permisibles (conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos y sulfatos), con excepción de los coliformes fecales, razón por el cual se acepta la hipótesis nula (Ho) para las características de conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, DBO5, nitratos y sulfatos, mientras que se acepta la hipótesis alterna (Hi) para los Coliformes fecales.

3.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las características fisicoquímicas de las aguas son importantes ya que estos influyen de manera determinante sobre la calidad del agua que tiene un río. Dentro de las más importantes, se señala a conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, salinidad, alcalinidad, cloruros, dureza total, las cuales influyen en la presencia y abundancia de los seres vivos que habitan dichos ecosistemas. Además de lo señalado, existe influencia importante de la vegetación ribereña, como fuente de materia orgánica de los ríos altos andinos principalmente en las nacientes ya que, por la velocidad y turbulencia de la corriente, no permite el desarrollo de fitoplancton y de macrófitas (biomasa autóctona).

De la figura 1 que muestra los valores medios de la temperatura del agua, se puede decir que sus valores antes de estar influenciados por las aguas residuales, lo están de manera determinante por la hora del muestreo, ya que los muestreos se iniciaron desde la zona I hasta la IV, desde aproximadamente las 7 a.m. hasta las 12 m. , por lo que a medida del transcurso del día la insolación solar hizo que la temperatura del agua se incremente, es por ello que las mayores temperaturas se registraron aguas abajo del río Alameda. Por otro lado, se considera que las aguas del río cambian en sus características fisicoquímicas a medida que discurren por su cauce, incrementándose parámetros como dureza, turbidez, alcalinidad, dureza, temperatura, etc, tal como lo afirma (Cole, 1988).

De la figura 2 se puede decir que los valores de conductividad eléctrica, el cual se encuentran entre 319.7 a 831.1 uS/cm, está determinado por la presencia de los iones en el agua, es decir a partir de la disolución de sales inorgánicas, se generan iones negativos y positivos, los cuales son denominados electrolitos, agentes que son buenos conductores de la corriente eléctrica. La presencia de la de las sales no está relacionado directamente con la presencia de materia orgánica (son malos conductores de electricidad), a no ser que se halle en proceso de descomposición, proceso en el cual libera sales, por lo que efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales incrementan la conductividad en las aguas de los ríos donde son vertidos. (Rodríguez, 2006)

De la figura 3, muestra los valores promedios de los sólidos disueltos totales para las aguas del río Alameda, que de cierta manera refleja la influencia del componente edáfico, así mismo determina la productividad en el cuerpo de agua (Roldan, 1992). Al respecto, las aguas del río Alameda en las dos primeras zonas de muestreo presenta los valores más bajos, por lo que se puede afirmar que los valores de este parámetro, en esta zona se debe principalmente a la

solubilización de minerales del suelo por el agua del río; la tercera zona de muestreo presentan valores que no difieren mucho respecto a las anteriores; sin embargo en la última zona se observa valores muy elevados, como consecuencia de la influencia de la ciudad de Ayacucho y principalmente de las aguas efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” que presentan gran cantidad de sólidos disueltos debido que dichas aguas fueron sometidos a tratamiento en la que la materia que contenía fue descompuesto con la consecuente liberación de sales minerales. Los ECA para la categoría III, para los sólidos disueltos totales, no se aplica debido a que no lo menciona.

En la figura 4 se observa los valores promedios y desviación típica de la salinidad en las aguas del río Alameda, en términos generales dichos valores se incrementan aguas abajo. Las zonas I y II son presenta valores similares, para luego incrementarse rápidamente para las zonas III y IV, claramente influenciada por la ciudad de Ayacucho y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá”

De la figura 5, los valores de pH para aguas del río son alcalinas oscilando entre 8.2 y 8.6, como consecuencia de la presencia en gran cantidad de compuestos que le dan dicha característica, como carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Es de notar que el río circula zonas donde la superficie del suelo tiene una coloración blanca, indicativo de que contienen gran cantidad de componentes calcáreos, los que pasan al seno del agua por disolución, incrementando el pH (Rodríguez, 2006). Al comparar los valores promedios de pH de las aguas del río Alameda de acuerdo a la clasificación de los estándares de Calidad Ambiental, que pertenece a la categoría III (riego de vegetales y bebida de animales), se hallan dentro de los valores permisibles, puesto que los valores referenciales son de 6,5 a 8,5 para riego de vegetales y de 6.5 a 8.4 para la bebida de animales, con excepción de la zona de muestreo IV, la que se encuentran ligeramente por encima.

De la figura 6, se afirma que la turbidez en el agua, está relacionada directamente con la erosión de suelos y con la presencia de materia orgánica viva en suspensión. Con respecto a la erosión, este proceso incorpora a las aguas gran cantidad de componentes del suelo por acción de la escorrentía superficial, principalmente los componentes conformados por arcilla y limo, este proceso ocurre principalmente en épocas de lluvia (Manahan, 2006). Con respecto a la contribución de la materia orgánica viva en suspensión en la turbidez, esto ocurre principalmente en aguas catalogadas como lénticas (lagos, lagunas) que fomentan el crecimiento de la comunidad planctónica (Gabriel Roldan & Ramírez, 2008), frente a ello se

puede decir que el incremento de la turbidez de las aguas del río Alameda desde la zona I hasta la IV, se debe principalmente a la fracción de partículas que arrastra el río con la contribución de aquellas que se incorporan por el arrojado de desmonte y residuos sólidos, así como por las aguas de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, la que presenta gran cantidad de fitoplancton

En la figura 7, muestra los valores promedios de alcalinidad en las aguas del río Alameda se incrementan hacia la zona de muestreo IV en comparación con las zonas anteriores en más del 100%. Si se considera que la alcalinidad de las aguas naturales como su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio, (H^+), hasta un valor de pH igual a 4.5 y que fundamentalmente está determinado por bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en solución y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos (Alvarado, 2009), entonces dichos compuestos se presentan en mayores cantidades en la zona IV, muy probablemente como consecuencia del incremento de fosfatos provenientes de las aguas efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, los que se caracterizan por presentar elevados valores de dicho nutriente (Cole, 1988).

De la figura 8, que muestra los valores medios de cloruros, se puede decir que su concentración es variable en el tramo del río estudiado observándose una tendencia semejante a características como alcalinidad y conductividad eléctrica, con valores menores aguas arriba y mayores para la zona IV. Los cloruros se incorporan a sistemas acuáticos continentales por lavado de las rocas (observándose este efecto en los manantiales), cuya contribución por lo general es mínima; sin embargo una de las fuentes más importantes en la actualidad son las aguas residuales que son incorporadas a dichos ecosistemas, puesto que contiene gran cantidad de orina y esta presentan elevadas concentraciones de cloruros (Carrasco, 2005), es así que se afirma que la concentración de cloruros en la orina vendría a ser del orden de los 500 mg/L (Cruz & Serrano, 2012)

De la figura 9 en la que se muestra los valores medios de dureza total, este parámetro se considera que está definida por la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en ella combinados con los carbonatos y bicarbonatos (determinando la dureza temporal) y con los sulfatos, cloruros, nitratos y otros aniones de ácidos minerales (determinando la dureza permanente) (Orozco, 2005). Razón por el cual que a medida que circulan las aguas de un río sus valores se incrementan (Wetzel, 1981), sin embargo en los resultados hallados llama la atención el valor que presenta la IV zona, donde se incrementa de manera abrupta, como

consecuencia probable del efecto generado por las aguas residuales tratadas de la PTAR, lo que al contener elevadas cantidades de sulfatos y nitratos incrementan el valor de la dureza total. Por otro lado, también es de resaltar que los valores mayores se registran en la zona III en comparación con la I y II, siendo muy probable a consecuencia de las aguas residuales que se agregan al río en dicho tamo del cauce del río.

La concentración de oxígeno disuelto (figura 10) en las aguas del río decrecen a medida que circulan sus aguas de manera que las mayores concentraciones son registradas en la zona I para luego decrecer rápidamente, de modo en las zonas III y IV se registran los menores valores promedios. Si se considera que el oxígeno disuelto en las aguas de un río proviene principalmente difusión desde la atmósfera como consecuencia de la turbulencia de las aguas y que esta es consumida por la respiración de los organismos vivos y descomposición microbiana de los detritos orgánicos, se puede afirmar que éste último proceso es causante de dicha disminución, tal como lo sostiene (Henry, Heinke, & García, 1999), ya que para las zonas II, III y IV sufren directamente las consecuencias de las aguas residuales, siendo la más afectada la última de ellas en la que se ha incorporado las aguas de la planta de la PTAR la que contiene gran cantidad de materia orgánica bajo la forma de fitoplancton y zooplancton, que muere una vez que dichas aguas pasan a formar parte de las aguas que conduce el río Alameda.

De acuerdo a los estándares de calidad ambiental del agua (ECA), para el parámetro de oxígeno disuelto para la categoría III, para riego de vegetales menciona que el valor no debe ser menor a 4 mg/L y para bebida de animales no menor de 5 mg/L, no cumple en el segundo caso ya que se registró valores promedios menor a 5 mg/L. En la figura 10 se muestra los valores promedios de oxígeno disuelto expresado en porcentaje, bajo cuya unidad no es mencionada en los valores referenciales del estándar de calidad ambiental, sin embargo, es de resaltar que sus valores muestran semejante tendencia que el oxígeno expresado en mg/L.

De la figura 12, en la que muestra los valores promedios de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas del río, en la que se observa un incremento a partir de la zona II tomado como referencia lo hallado en la zona I, habiéndose hallado los valores más altos en la zona IV. Si se considera que la DBO es una estimación “semi cuantitativa” de la cantidad de “materia orgánica fácilmente biodegradable” presente en una muestra de agua (Orozco, 2005), entonces se tiene indicios de que la materia orgánica presente en las aguas es mucho mayor en las zonas II, III y IV en comparación con la I, y si se toma en cuenta que las aguas residuales es una de las principales fuentes de materia orgánica en río que están siendo contaminados, entonces se

tiene indicios de que dichos contaminantes están afectado al río en mayor medida en zonas que se hallan posterior a la zona I (puente Pérez), los resultados hallados corroboran el diagnóstico realizado por el ALA (Administración Local del Agua, 2012), donde menciona que a lo largo de la microcuenca existen 99 tuberías de aguas residuales domésticas y 3 tuberías de aguas residuales industriales que vierten directamente al río Alameda, lo que altera las condiciones naturales del río, siendo uno de los problemas más importantes que enfrenta la microcuenca del río Alameda, las mismas que deberían ser erradicadas para iniciar su proceso de recuperación. Los resultados hallados en comparación con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua respecto a este parámetro en la categoría III, se menciona que para el riego de vegetales y bebida de animales el valor no debe ser mayor de 15 mgO₂/L, por lo que la zona IV no estarían cumpliendo con dicho valore de referencia; así mismo en algunos las zonas II y III no se cumplen en algunos meses del año.

De la figura 13, en la que se aprecia la cantidad de fósforo en las aguas del río Alameda, la tendencia hallada es que se incrementa ostensiblemente para las zonas III y IV en comparación con las zonas de muestreo anteriores. La presencia de fósforo en las aguas de sistemas lénticos y lóticos, tienen como fuente a lo que provienen de la corteza terrestre (Roldan, 1992); sin embargo se debe tomar en cuenta a lo que menciona (Margalef, 1983) que menciona que los procesos de contaminación por materia orgánica (las aguas residuales son las más importantes) en la actualidad es una fuente de fósforo más importante que la corteza terrestre (Andrés & Rodríguez, 2011). Lo afirmado da base para afirmar que la cantidad de fosfato presente en la zona I y posiblemente la II es como consecuencia de procesos naturales que ocurren en el río, mientras que en las zonas III y IV es como consecuencia de la contaminación por fuentes de materia orgánica, como aguas residuales, así como por el uso de detergentes que tienen dentro de su composición polifosfatos que actúan como sustancias sufactantes. Dentro de las zonas consideradas en el estudio resalta la III y la IV, por presentar valores de fosfatos muy elevados, la primera como consecuencia de aguas residuales que se incorporan la río y la segunda como consecuencia de las aguas de la PTAR que por naturaleza presenta valores muy elevados de dicho nutriente. Los valores hallados de fosfato en comparación con los valores referenciales mencionados en los estándares de calidad para agua, para la categoría III (riego de vegetales y bebida para animales), menciona como valor máximo de 10 mg/L, razón por el cual los valores hallados en esta investigación se hallan dentro de lo permisible.

La figura 14 muestra que los valores promedios de nitrógeno bajo la forma de nitratos son mayores en las zonas II y IV en comparación con las otras. Se sabe que los nitratos (NO_3^-) son la forma nitrogenada más abundante y el de mayor interés en todos los cuerpos de aguas naturales (Molles, 2006). En las aguas naturales como ríos y lagunas suele hallarse en poca concentración, puesto que son rápidamente inmovilizados por los organismos autótrofos, mientras que en aguas residuales puede alcanzar niveles muy altos, así como en cuerpos de agua afectados por dichas aguas, la que presente como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica (Orozco, 2005). Por ello la presencia en elevadas concentraciones como de 6,8 mg/L de nitrato para la zona IV es como consecuencia de la contribución que realiza las aguas de la PTAR que presentan grandes cantidades de dicho nutriente, ya que por un lado, dichas aguas al ser sometidas a tratamiento, la materia orgánica que contenía ha sido descompuesta en su gran mayoría producto del cual se puede hallar concentraciones elevadas de nitratos y por otro lado, la PTAR no realiza tratamiento terciario (eliminación de nutrientes).

De la figura 15, en la que se muestra las concentraciones de azufre disuelta en el agua bajo la forma de sulfato, de igual manera se observa la tendencia de incremento desde la zona I hasta la IV, en la que se halla las máximas concentraciones. Los sulfatos en las aguas naturales pueden provenir de fuentes que se hallan en el suelo que contienen cantidades apreciables de yeso y minerales similares como consecuencia de la oxidación de sulfuros, sulfitos o tiosulfatos de los suelos; por otro lado, los sulfatos pueden provenir de la descomposición de la materia orgánica, no se debe descartar también que los sulfatos puede provenir de residuos industriales, textiles o industrias en general que use sulfatos, ácido sulfúrico o sus derivados (López & Meneses, 2012). Lo afirmado líneas arriba, explican las concentraciones elevadas en las zonas III y IV, donde se notó la existencia de abundante materia orgánica en proceso de descomposición, así como por la presencia de fuentes de aguas residuales; así mismo claramente se observa la influencia que ejerce las aguas provenientes de la PTAR. Los valores hallados en comparación con los valores referenciales de los estándares de calidad de agua (DS N° 015-2015-MINAN) que es 1000 mg/L, se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

La figura 16 que muestra los valores promedios de amonio para las cuatro zonas de muestreo, también siguen la misma tendencia de otros compuestos, es decir de incremento desde la zona I hasta la IV, siendo en ésta última la que se halló en mayores concentraciones. El amoniaco es el producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados y es extremadamente soluble en agua, y reacciona con ella para formar NH_4^+ , OH^- ; a un pH alto, el amoniaco gaseoso libre está en la forma no ionizada (Roldan & Ramírez,

2008). El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica (Smith, Smith, & Román, 2007).

Es por ello que las altas concentraciones de amoníaco en las zonas III y IV se deben a la presencia de materia orgánica en descomposición la que es agregada al río bajo la forma de aguas residuales y residuos sólidos.

En la figura 17, se presenta los valores promedios de coliformes totales expresado en logaritmo en base 10, resaltando que los máximos valores han sido registrados en la zona III (Puente Evitamiento). Los coliformes fecales se introducen al ambiente por las heces de humanos y animales de sangre caliente, por lo que la presencia de dichas bacterias en las aguas de un río se debe a su contaminación por material fecal (Pascual, 2005). El rio Alameda viene soportando una fuerte contaminación debido al vertido de aguas residuales domésticas y residuos sólidos, lo que ha determinado que presente dichos valores preocupantes principalmente en la zona III, que de cierta manera es la zona donde confluyen la mayoría de las fuentes de aguas residuales (Apaza, 2013). Los valores de coliformes totales hallados (Tabla 24), al ser comparados con los valores referenciales de los estándares de calidad para agua para la categoría III, todas sobrepasan dichos valores, lo que nos indica que dichas aguas no son aptas (para éste parámetro) para ser empleados para riego y bebida de animales.

CONCLUSIONES

- a. Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas del río Alameda muestran el impacto negativo por el vertido de las aguas residuales domésticas, residuos sólidos y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá”.
- b. Las aguas residuales domiciliarias generaron cambios en las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, sulfatos, fosfatos, nitrógeno amoniacal y dureza total) de las aguas del río Alameda, mostrando significancia estadística ($p < 0.05$), lo cual nos indica que los valores registrados son diferentes en cada zona de muestreo, a excepción del parámetro de cloruros quien nos indica que en las cuatro zonas de muestro se encuentran en cantidades similares.
- c. Las aguas residuales domiciliarias generaron cambios sobre las características microbiológicas (Coliformes fecales) de las aguas del río Alameda, mostrando significancia estadística ($p < 0.05$), lo cual nos indica que los valores registrados muestran que mientras transcurre el río los valores se elevan, como consecuencia del vertido de las aguas residuales domiciliarias.
- d. Al comparar las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas del río Alameda con los estándares de calidad ambiental (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) se mostró que el pH, oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes fecales sobrepasan los Límites Máximos Permisibles, mientras que la conductividad eléctrica, cloruros, los nitratos, sulfatos se hallan dentro de los Límites Máximos Permisibles.

RECOMENDACIONES

1. Establecer medidas de sensibilización para crear conciencia en la población que habita a lo largo de la ribereña del río Alameda, para disminuir la contaminación en las aguas. (Educación ambiental). Corresponde a la autoridad regional y local establecer políticas que permita la protección de los recursos hídricos.
2. Implementar sistemas de alcantarillado a lo largo de la ribera del río y zonas aledañas con la finalidad de minimizar el vertimiento de aguas residuales al río Alameda.
3. Mejorar el servicio del carro recolector de residuos sólidos, ya sea incrementando la frecuencia y el recorrido del mismo que permita minimizar que la población que habita alrededor arroje sus residuos sólidos al cauce del río.
4. Proseguir con la caracterización fisicoquímica y microbiológica las aguas del río Alameda por periodos mucho más prolongados lo que nos permitirá determinar su comportamiento a lo largo de un año
5. Proseguir con los estudios de investigación incrementando el número de zonas de muestreo, desde la naciente del río hasta la unión con el río Huatatas.

FUENTE BIBLIOGRÁFICA

- Abbasi, T. (2012). *Water Quality Indices*. Gran Bretaña: Ediciones Elsevier.
- Administración Local del Agua. (2012). *Plan de recuperación del río Alameda. Identificación de fuentes contaminantes, vigilancia, vertimientos y reuso en la microcuenca del río Alameda*. Ayacucho, Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- Alarcón, M. A., Beltrán, M., Cárdenas, M. L., & Campos, M. C. (2005). Recuento y determinación de viabilidad de giardia spp. y Cryptosporidium spp. en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. *Biomédica*, 25(3), 353-65.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v25i3.1360>
- Alvarado, D. M. (2009). *Agua*. EUNED.
- Andrés, V. M., & Rodríguez, J. Á. (2011). *Bases de la ingeniería ambiental*. UNED.
- Apaza, H. (2013). Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. *Economía y Sociedad* 82.
- Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Bravo, A. S. (2006). *Agua: un recurso escaso*. España: ArCiBel Editores.
- Carrasco Badajoz, C. E. (2001). Composición estructural de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con las características físico químicas en el río Alameda, Ayacucho. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Carrasco Badajoz, C. E. (2005). *Manual de técnicas para análisis de agua*. Ayacucho Perú.
- Chalarca Rodríguez, D. A., Mejía Ruiz, R., & Aguirre Ramírez, N. J. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga. *instname: Universidad de Antioquia*. Recuperado a partir de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/4152>

- Cole, G. A. (1988). *Manual de limnología*. Hemisferio Sur.
- Cruz, N. S. A., & Serrano, A. J. B. (2012). *El Tratamiento de las aguas residuales: Una necesidad del hombre y el medioambiente*. Editorial Académica Española.
- Echarri, L. (2007). Contaminación del agua. Universidad de Navarra.
- Espinoza Tacuri, M. A. (2005). Caracterización del agua del río Alameda y tipificación según Índice de Calidad del Agua, Ayacucho 2014. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Fernando, D. (2006). *Evaluación ambiental de las descargas de aguas residuales en el tramo urbano del río Piura*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura, Piura.
- Frers, C. (2010). La problemática del agua dulce. Recuperado 31 de enero de 2017, a partir de http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Agua/la_problemativa_del_agua_dulce
- Henry, J. G., Heinke, G. W., & García, H. J. E. y. (1999). *Ingeniería ambiental*. Pearson Educación.
- Hernandez, G. (2015). Contaminación del agua.
- López, A. C., & Meneses, M. M. (2012). *Ciencia y tecnología del medioambiente*. Editorial UNED.
- Lozada, P. T. (2012). Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *Revista EIA*, (18), 115-129.
- Manahan, S. E. (2006). *Introducción a la química ambiental*. México: Reverte.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A.
- Miller, T. (1994). *Ecología y medio ambiente*. México: Editorial Iberoamericana, S.A.
- Ministerio del Ambiente. (2015). La situación del agua en el Perú. Recuperado a partir de <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/situacion-del-agua-en-el-peru/>

- Molles, M. C. (2006). *Ecología: conceptos y aplicaciones*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Morales, M. (2001). Evaluación de la contaminación microbiológica en la microcuenca del río Alameda y el efecto contaminante de sus afluentes en época de estiaje Ayacucho. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Olguín, E. (2010). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Rev. Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 1(2), 178-190.
- Orozco. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales*. acodal.
- Pascual, P. A., María del María del. (2005). *Enfermedades de origen alimentario*. Ediciones Díaz de Santos.
- Picazo, M. (2016). La importancia de la calidad del agua. Recuperado 31 de enero de 2017, a partir de <http://www.ecoavant.com/es/notices/2016/04/la-importancia-de-la-calidad-del-agua-2565.php>
- Ramírez, J. J. E. (1990). *La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela*. Colombia: Food & Agriculture Org.
- Rivera Vázquez, R., Palacios Vélez, Ó. L., Chávez Morales, J., Belmont, M. A., Nikolski Gavrilov, I., Bauer De La Isla, D., ... Carrillo Gonzalez, R. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la Cuenca del Valle de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 23(2), 69-77.
- Rodríguez, M. G. (2006). *Depuración de aguas residuales: modelización de procesos de lodos activos*. Madrid, España: Editorial CSIC - CSIC Press.
- Roldan, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia: Universidad de Antioquia.

Roldan, G., & Ramírez, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. (1° ed.). Colombia: Digiprint Editores E.U.

Smith, T. M., Smith, R. L., & Román, E. S. (2007). *Ecología*. Addison-Wesley.

Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A.

ANEXOS

ANEXO 1.

Metodología empleada para el análisis fisicoquímico de agua

1. Determinación de pH

Se determinaron por el método potenciométrico utilizando un Peachimetro portátil digital de la siguiente forma.

- Se encendió el equipo de HANNA HI98130
- Se enjuago los electrodos con agua desionizada.
- Se calibro el equipo con las soluciones buffers de PH 7.01 y 4.01 para luego nuevamente enjuagar los electrodos con agua desionizada.
- Se agito la muestra de agua durante 1 minuto.
- Se introdujo los electrodos en la muestra de agua.
- Se esperó que ese establezca la lectura, luego se registró el valor dado.

2. Determinación de la conductividad eléctrica (US/cm)

La metodología utilizada fue la de Conductimetría.

Se usó el equipo conductímetro de la siguiente forma.

- Se encendió el equipo conductímetro.
- Se calibro el conductímetro con KCl 0.01N a 1.41 mmhos/cm.
- Se enjuago el succionador con agua desionizada.
- Se succionó la muestra tratando de que no presente burbujas y que choque los dos polos del conductímetro y hacer la lectura directa y se registró la lectura.

3. Determinación de cloruros

El cloruro se determinó por el método volumétrico, mediante el uso del nitrato de plata.

- Se tomó 50 ml de muestra de agua.
- De acuerdo a la conductividad eléctrica se tomó la muestra necesaria de agua.
- Se agregó 1 ml de indicador de K_2CrO_4 al 5 %.
- Seguidamente se procedió a titular con $AgNO_3$ 0.01 N y se anotó el gasto para su cálculo respectivo.

4. Determinación de Alcalinidad

La alcalinidad se determinó por el método volumétrico, mediante el uso de ácido sulfúrico.

- Se tomó 50 ml de muestra de agua.
- Se agregó 2 gotas de anaranjado de metilo

- Seguidamente se procedió a titular con H_2SO_4 0.02N y se anotó el gasto para su cálculo respectivo.

5. Determinación de la Dureza Total

La dureza total se determinó por el método volumétrico, mediante el uso de la sal disódica de EDTA.

- Se tomó 50 ml de muestra de agua.
- Se agregó 1ml de solución amortiguadora
- Se añadió 0.25 g de indicador de negro de eriocromo T
- Seguidamente se procedió a titular con EDTA 0.01M y se anotó el gasto para su cálculo respectivo.

6. Determinación de la Dureza Cálcica

La dureza cálcica se determinó por el método volumétrico, mediante el uso de la sal disódica de EDTA.

- Se tomó 50 ml de muestra de agua.
- Se agregó 1ml de solución de NaOH 1N
- Se añadió 0.1 a 0.2 g de indicador de murexida
- Seguidamente se procedió a titular con EDTA 0.01M y se anotó el gasto para su cálculo respectivo.

7. Determinación de la Dureza Magnésica

La dureza magnésica se calculó por diferencia de la dureza total y dureza cálcica.

8. Determinación de sulfato

Se utilizó el equipo fotocolorímetro HANNA HI 83200, para lo cual se procedió a lo siguiente

- Se filtró el agua de la muestra en un recipiente con papel filtro.
- Luego se usó la pipeta para llenar la cubeta con 10 ml de muestra filtrada, y luego se colocó la tapa de la cubeta.
- Colocar la cubeta en el soporte y se cerró la tapa del equipo.
- Se pulso la tecla Cero. La pantalla mostró "-0,0-" cuando el instrumento esté a cero y listo para medición.
- Se retiró la cubeta y se añadió el contenido de un paquete de reactivo HI 93751-0
- Se Volvió a colocar la tapa y agito para mezclar durante 1 minuto (alrededor de 30 inversiones), teniendo cuidado de no inducir burbujas de aire.
- Se volvió a insertar la cubeta en el equipo, teniendo cuidado de no agitar.

- Se presionó y automáticamente dio el inicio del análisis en el equipo y la pantalla mostrará la cuenta atrás previa a la medición o, Cuando termina el temporizador medidor se realizó la lectura.

9. Determinación de nitratos

Se utilizó el equipo fotocolorímetro HANNA HI 83200, para lo cual se procedió a lo siguiente

- Se filtró el agua de la muestra en un recipiente con papel filtro.
- Luego se usó la pipeta para llenar la cubeta con 6 ml de muestra filtrada, y luego se colocó la tapa de la cubeta.
- Colocar la cubeta en el soporte y se cerró la tapa del equipo.
- Se pulso la tecla Cero. La pantalla mostró "-0,0-" cuando el instrumento esté a cero y listo para medición.
- Se retiró la cubeta y se añadió el contenido de un paquete de reactivo HI 93728-0.
- Se Volvió a colocar la tapa y agito vigorosamente inmediatamente arriba y abajo exactamente 10 segundos. Se continúa mezclando la muestra invirtiendo la cubeta suavemente durante 50 segundos, teniendo cuidado de no inducir burbujas de aire.
- Se volvió a insertar la cubeta en el equipo, teniendo cuidado de no agitar.
- Se presionó y automáticamente dio el inicio del análisis en el equipo y la pantalla mostrará la cuenta atrás previa a la medición o, Cuando termina el temporizador medidor se realizó la lectura.

10. Determinación de fosfatos

Se utilizó el equipo fotocolorímetro HANNA HI 83200, para lo cual se procedió a lo siguiente

- Se filtró el agua de la muestra en un recipiente con papel filtro.
- Luego se usó la pipeta para llenar la cubeta con 10 ml de muestra filtrada, y luego se colocó la tapa de la cubeta.
- Colocar la cubeta en el soporte y se cerró la tapa del equipo.
- Se pulso la tecla Cero. La pantalla mostró "-0,0-" cuando el instrumento esté a cero y listo para medición.
- Se retiró la cubeta y se añadió 10 gotas de HI 93717A-0 reactivo molibdato y luego el contenido de un paquete de HI 93717B-0 Fosfato HR Reactivo B a la cubeta.
- Se Volvió a colocar la tapa y agito para mezclar durante 1 minuto (alrededor de 30 inversiones), teniendo cuidado de no inducir burbujas de aire.

- Se volvió a insertar la cubeta en el equipo, teniendo cuidado de no agitar.
- Se presionó y automáticamente dio el inicio del análisis en el equipo y la pantalla mostrará la cuenta atrás previa a la medición o, Cuando termina el temporizador medidor se realizó la lectura.

11. Determinación de coliformes totales

- El medio líquido selectivo Endo-Les, se depositará en placas de cultivo que llevan una almohadilla absorbente, aproximadamente se coloran 2 mL de medio de cultivo por placa.
- Se filtrará 100 mL de la muestra de agua a través del filtro, poner en marcha el sistema de vacío.
- Se colocará la membrana sobre la placa con la almohadilla absorbente y el caldo Endo-Les, de forma progresiva para evitar que queden burbujas entre la membrana y el medio y que quede asegurado el contacto entre la membrana y el medio;
- Se colocará la tapa de la placa de Petri, invertir la placa e incubar a 35 ± 0.5 °C durante 22 a 24 horas.²¹

ANEXO 2.

INSTRUMENTO (S) DE RECOLECCION DE DATOS

1. Metodología del monitoreo

El monitoreo se realizó en zonas que se seleccionaron de manera determinísticas ubicando zonas que pudieran reflejar la condición del río y considerando el criterio de accesibilidad

2. Identificación de fuentes de contaminación

- Se buscó información histórica de la calidad del agua, incluyendo la red de monitoreo oficial de DIGESA.
- Se identificó los vertimientos al río.
- Se clasificó el cuerpo de agua de acuerdo al uso que se le está dando
- Se implementaron fichas de Registro
- Se hizo el reconocimiento e identificación de fuentes de contaminación.
- Se monitoreo la calidad del agua y caracterizaron fuentes de contaminación.
- Se utilizó el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos como guía para el monitoreo.
- Se realizó el monitoreo de acuerdo a la frecuencia de monitoreo, considerando el régimen hidrológico del agua.

ANEXO 3.

INSTRUMENTOS

Equipos

- 01 Equipo DBO (Modelo Lovibond Water Testing BD 600)
- 01 Equipo multiparamétrico para medición en agua (Modelo Aquaprobe AP-2000) para la medición de oxígeno disuelto (en mg/L y en %), conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.
- 01 Balanza analítica (Modelo Henkel)
- 01 Fotocolorimetro (Modelo HANNA HI 83200)
- 01 Peachimetro portátil (Modelo HANNA HI98130)
- 01 Espectrofotómetro UV (Modelo Thermo Scientific Genesys 10 S UV-VIS)
- 01 Turbidímetro (Modelo HANNA HI98703)
- 01 Cámara Fotográfica digital
- 01 Computadora
- 01 USB
- 01 calculadora científica
- 01 GPS (Sistema de Geoposicionamiento Global - Garmin Montana 650)

Material de laboratorio

- 03 vasos de precipitado de 500mL
- 03 vasos de precipitados de 100mL
- 02 probetas de 50 mL
- 05 Pipetas de 10 mL
- 01 fiola de 100 mL
- 01 fiola de 250 mL
- 02 fiola de 500 mL
- 01 fiola de 1L
- 10 frascos de vidrio de boca ancha de 100mL

Reactivos

- nitrato de plata (AgNO_3)
- cromato de potasio (K_2CrO_4)
- Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)
- Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Cloruro de amonio (NH_4Cl)

- Amoníaco concentrado NH_3
- Negro de eriocromo T
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Anaranjado de metilo
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Agua destilada

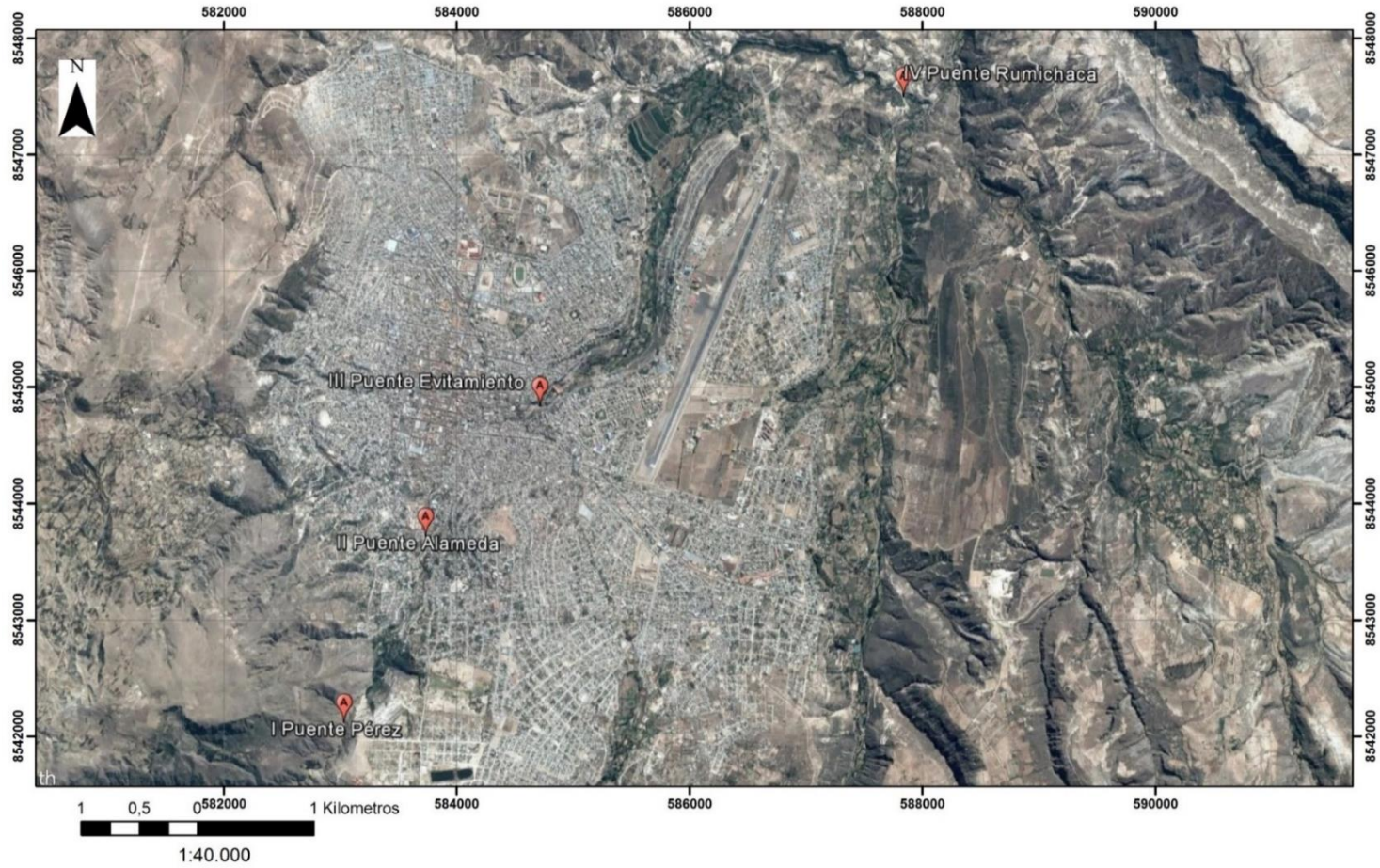
ANEXO 4.

Prueba de Shapiro-Wilks para determinar el tipo de distribución estadística que muestran los datos

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Alcalinidad (mg/L)	16	125	59,77	0,69	<0,0001
Cloruros (mg/L)	16	29,11	10,32	0,91	0,2052
Dureza total (mg/L)	16	133,63	26,69	0,9	0,1884
Dureza Cálcica (mg/L)	16	88,75	20,91	0,89	0,1348
Dureza Magnésica (mg/L)	16	46,31	18,17	0,89	0,139
pH	16	8,49	0,47	0,79	0,0011
Conductividad eléctrica (μ S/cm)	16	482,82	218,56	0,75	<0,0001
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	16	247,21	112,41	0,77	0,0003
Salinidad (mg/L)	16	240,93	112,97	0,77	0,0003
T (°C)	16	14,04	2,57	0,95	0,6872
Oxígeno Disuelto (mg/L)	16	5,03	0,81	0,85	0,0264
Nitratos (mg/L NO ₃)	16	3,38	2,88	0,79	0,001
Fosfato (mg/L PO ₄)	16	2,82	2,54	0,78	0,0005
Sulfato (mg/L de SO ₄)	16	63,31	15,48	0,95	0,749
Amonio (mg/L NH ₄)	16	5,45	5,55	0,82	0,0055
DBO ₅ (mg/L)	16	16,25	14,76	0,84	0,0117
Turbidez (UNT)	16	76,94	86,08	0,71	<0,0001
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	16	110575	203131,24	0,59	<0,0001

ANEXO 5.

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO



ANEXO 6.

Valores referenciales de los parámetros a considerarse para la categoría 1-A (aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable)

PARAMETROS	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
FÍSICOS – QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGANICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002

Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGANICOS				
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,1
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0,06	**	**
II. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,003	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,08	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados:				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamatos:				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
Policloruros Bifenilos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	19	2 000	20 000
Formas parasitarias	Nº Organismo/L	0	**	**

<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 MI	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	-2	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶
<p>(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)</p> <p>(b) Después de la filtración simple</p> <p>(c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula: Dónde: C = Concentración en mg/L y ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano)</p> <p>(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.</p> <p>- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.</p> <p>- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.</p> <p>- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada</p>				

ANEXO 7.

Valores referenciales de los parámetros a considerarse para la categoría 1-B (aguas superficiales destinadas para recreación)

CATEGORIA 1-B			
PARAMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas para recreacion	
		B1	B2
		Contacto Primario	Contacto Secundario
FÍSICOS – QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO3-)	mg/L	10	**
Nitritos (NO2-)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGANICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			

Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	E.coli /100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella sp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausencia	Ausencia
<p>UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml ** : No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.</p>			

ANEXO 8.

Valores referenciales de los parámetros a considerarse para la categoría 2 (actividades de extracción y cultivos marinos costeros y continentales)

PARAMETRO	UNIDAD	AGUA DEL MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
FÍSICOS – QUÍMICOS					
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO3-)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGANICAS					
Amoniaco	mg/L	**	**	**	-1
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGANICO					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
ORGANOLEPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					

(PCB's)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
MICROBIOLOGICO					
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	≤14 (área Aprobada)©	≤30	1 000	200
	NMP/100 mL	*≤88 (área restringida)©			
<p>(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).</p> <p>(b) Después de la filtración simple.</p> <p>(c) Área Aprobada: Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.</p> <p>Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.</p> <p>- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.</p> <p>- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.</p> <p>- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.</p> <p>(1) Nitrógeno Amoniacal para Aguas Dulce :</p>					

ANEXO 9.

Valores referenciales de los parámetros a considerarse para la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales).

CATEGORIA 3			
CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARAMETRO	UNIDAD	PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS – QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO --N) + Nitritos			
Nitratos (NO3 --N) + Nitritos (NO2 -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO2 --N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGANICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05
Zinc	mg/l	2	24
CARBAMATO:			

Aldicarb	ug/l	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/l	0,04	0,045
MICROBIOLOGICOS Y PARASITOLOGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
<i>Enterococos intestinales</i>	NMP/100 ml	20	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1
<p>(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)</p> <p>(b) Después de Filtración Simple.</p> <p>- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.</p> <p>- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.</p> <p>- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.</p>			

ANEXO 10.
Valores referenciales de los parámetros a considerarse para la categoría 3 (conservación del ecosistema acuático)

CATEGORIA 4						
PARAMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RIOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS – QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ -)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de Ph	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGANICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGANICO						
I. Compuestos Organicos Volatiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromaticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (<u>Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE</u>)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLOGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)						
	NMP/100 MI	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000
(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)						
(b) Después de la filtración simple						
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.						
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.						

ANEXO 11.**Imágenes de los puntos críticos del monitoreo de agua del Rio Alameda**

a). Aguas residuales que ingresan al curso del río cerca al Puente Alameda.



b). Residuos sólidos en zona próxima al Puente Alameda.



c). Aguas residuales que ingresan al curso del río a la altura del recreo (El Huamanguino).



d). Residuos sólidos en zona próxima al Puente Andamarca.



e). Residuos sólidos en zonas próximas al Puente Evitamiento.



f). Aguas residuales que ingresan al curso del río a la altura del Parque Zoológico “La Totorilla”.



g). Residuos sólidos en zonas próximas al Parque Zoológico “La Totorilla”.



h). Residuos sólidos y desfogue las aguas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorilla” (registro propio)



i). Imagen de registro de coordenadas con el GPS



j). Registrando los parámetros fisicoquímicos del agua con el equipo multiparamétrico en la zona IV (Puente Rumichaca)



k). Toma de datos con el multiparamétrico en la zona 2 (Puente Alameda)



MATRIZ DE CONSISTENCIA

DETERMINACION DEL NIVEL DE CONTAMINACION POR AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS DEL RIO ALAMEDA – DISTRITO DE AYACUCHO – PROVINCIA DE HUAMANGA – DEPARTAMENTO AYACUCHO - 2016.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es el efecto de las aguas residuales domiciliarios sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda ubicado en la provincia de Huamanga, distrito de Ayacucho, durante el año 2016?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar el efecto de las aguas residuales domiciliarios sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda ubicado en la provincia de Huamanga, distrito de Ayacucho, durante el año 2016</p> <p>OBJETIVO ESPECIFICO a. Determinar la influencia de las aguas residuales domiciliarias sobre las características físico-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda. b. Determinar la influencia de las aguas residuales domiciliarios sobre las características microbiológicas (coliformes fecales) del río Alameda. c. Determinar los niveles de las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Alameda comparativamente con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.</p>	<p>El tratamiento generalizado y completo de todas las aguas residuales urbanas y agropecuarias se ha transformado en una necesidad urgente, si queremos evitar que el planeta se transforme en un mundo de aguas residuales. (Cortés, M.J.E., 1993)</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Las aguas residuales domiciliarias contaminan y determinan cambios negativos en la calidad fisicoquímica y microbiológica en las aguas del río Alameda ubicado en la provincia de Huamanga, durante el periodo de setiembre a diciembre del año 2016.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a. Las aguas residuales domiciliarias determinan cambios importantes en las características físicas-químicas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad y oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrato, sulfato, fosfato, nitrógeno amoniacal, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y cloruros) del río Alameda. b. Las aguas residuales domiciliarios generan el incremento de los coliformes fecales en las aguas del río Alameda c. Las características fisicoquímicas y microbiológicas determinadas en el río Alameda se hallan sobre los límites establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según el DS N° 015-2015-MINAM.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Aguas residuales domiciliarias Indicador: Identificación y Ubicación</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua Dimensiones: a. Características físico-químicas pH Temperatura (°C) Conductividad eléctrica (µS/cm) Sólidos disueltos totales (ppm) Salinidad (%) Turbidez (UNT) Oxígeno disuelto (mg/L) Oxígeno disuelto (%) Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) Nitrato (mg/L) Sulfato (mg/L) Fosfato (mg/L) Nitrógeno amoniacal (mg/L) Dureza total (mg/L) Dureza Cálcica (mg/L) Dureza magnésica (mg/L) Cloruros(mg/L) b. características microbiológicas Indicador: Coliformes fecales (NMP/100 mL)</p>	<p>TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN Aplicada TIPO DE INVESTIGACIÓN Descriptivo NIVEL DE INVESTIGACIÓN MUESTRA Constituida por 16 muestras las que fueron colectadas en cuatro zonas de muestreo durante cuatro meses (setiembre, octubre, noviembre y diciembre). Las zonas de muestreo fueron ubicadas a las alturas del Puente Pérez, Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca; zonas que se ubicaron a lo largo del cauce del río Alameda ubicada en la provincia de Huamanga.</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las escalas de LMP • Cámara fotográfica • GPS • Multipámetro • Reactivos • Laboratorio • Google earth

ANEXO 13

Hoja de campo empleada para el monitoreo de agua

HOJA DE CAMPO			
FICHA N° 01: Monitoreo de agua		TURNO: Mañana	
LUGAR:		Puente Perez, Puente Alameda, Puente Evitamiento y Puente Rumichacca de la microcuenca del rio Alameda del distrito de Ayacucho.	
COORDENADAS:	X=	0583732	Y= 8543727
TIEMPO:	05 min	FECHA:	02/09/16
DESCRIPCION:	En la corriente del rio	DESCRIPCION:	Recojo de muestra (06:00:00am)
Código de muestra:	Muestra 01	Código de muestra:	Muestra 02
HORA:	06:30:54 a.m.	HORA:	06:45:19 a.m.
MEDIDA (ml):	600ml	MEDIDA (ml):	600ml
DESCRIPCION			

