

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis espacio temporal de la calidad de agua del río  
Mantaro influenciada por las aguas residuales del año  
2004 - 2008 y 2015 - 2019**

Jensy Fredy Mallqui Perez  
Yuliana Miguel Lizana  
Sharon Leydi Reyes Oré

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

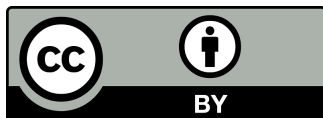
Huancayo, 2022

---

---

---

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

*Nuestra gratitud a Dios,  
por habernos acompañado y guiado a lo  
largo de nuestra carrera,  
por ser nuestra fortaleza en los  
momentos de debilidad  
y por brindarnos una vida llena de  
aprendizaje, experiencias  
y sobre todo felicidad.*

*A PRONABEC  
por la oportunidad brindada.  
A todos aquellos que nos han ido  
acompañando en el desarrollo del presente  
proyecto de investigación.*

**DEDICATORIA**

*Con bastante aprecio, a mi madre, Asunciona Perez,  
por su paciencia y esmero  
que supo guiarme en todo momento.  
Jensy Mallqui*

*Dedico esta tesis a Dios por darme salud y bendición  
para cumplir mis sueños; a mi familia,  
por su apoyo en todo momento  
en especial a mi padre Ananías  
por no dejarme sola y a mi madre Ovilía  
que del cielo guía mi camino para  
seguir adelante  
Sharon Reyes.*

*Dedicado, con todo cariño y amor, a mi madre, Martha  
y a mi difunto padre, Antonio,  
por todo el apoyo incondicional que me han brindado,  
por ser los principales promotores de mis sueños  
y por desear siempre lo mejor para mi vida.  
Yuliana Miguel*

## RESUMEN

En los Andes centrales del Perú, se encuentra la cuenca del río Mantaro, una cuenca que es de vital importancia para el país ya que concentra la mayor población andina y, además, tiene al río Mantaro como el principal recurso hídrico que abastece al valle. Es así que el presente trabajo de investigación plantea como objetivo analizar la influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, a partir de los datos de los monitoreos realizados a la cuenca del río Mantaro por entidades como la Dirección General de Salud Ambiental en los años 2004 - 2008 y la Autoridad Administrativa del Agua Mantaro en los años del 2015 - 2019.

Los parámetros de estudio fueron el Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc, pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto y Coliformes Termotolerantes, en donde, para un mejor análisis espacio-temporal, se homogenizaron las cantidades de muestras para cada año de estudio, considerando así un total de 300 puntos de las estaciones de monitoreos georreferenciadas en los 10 años de estudio. Estos datos pasaron a ser procesados empleando los métodos estadísticos para muestras independientes con distribuciones no paramétricas de Kruskal Wallis y la U de Mann-Whitney para ser interpretados y, posteriormente, comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, obteniendo como resultado una notable variación en las concentraciones de los metales pesados como el Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc y Coliformes Termotolerantes, año tras año, en comparación de los parámetros como el pH, la Temperatura, la Conductividad Eléctrica y el Oxígeno Disuelto que no presentaron una significativa variación. Por otro lado, después de realizar la evaluación con los estándares de calidad ambiental para agua, se puede ver que en un 90 % el Cd, en un 50 % el Cu, en un 100 % Pb, en un 100 % el Zn, en un 90 % el Oxígeno Disuelto y en un 90 % los Coliformes Termotolerantes superaron los ECA's durante los 10 años de estudio; no obstante, los parámetros de pH y Conductividad Eléctrica se encuentran dentro de lo permitido en los ECA's. De esta forma, es que se llega a la conclusión de que las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro.

**Palabras clave:** Río Mantaro, Aguas residuales, Variación espacio-temporal, DIGESA, AAA, ECA,

## ABSTRACT

In central Andes of Peru, is the basin of Mantaro river; a basin of vital importance for the country since it concentrates the largest Andean population and has the Mantaro river as the main water resource that supplies the valley. As well, the present research work aims to analyze the influence of wastewater on the water quality of the Mantaro river in the years 2004 - 2008 and 2015 - 2019 based on collected data from the monitoring carried out in the Mantaro river basin by entities such as the General Directorate of Environmental Health in the years 2004 - 2008 and the Mantaro Water Administrative Authority in the years 2015 - 2019.

The study parameters were Cadmium, Copper, Lead, Zinc, pH, Temperature, Electrical Conductivity, Dissolved Oxygen and Thermotolerant Coliforms than to better space-time analysis, the amounts of samples for each year of study were homogenized, considering a total of 300 points of the georeferenced monitoring stations in the 10 years of study. These data were processed using statistical methods for independent samples with non-parametric distributions of Kruskal Wallis and the Mann-Whitney U to be analyzed then they were compared with the Environmental Quality Standards for Water, obtaining a notable variation in concentration of heavy metals such as Cadmium, Copper, Lead, Zinc and Thermotolerant Coliforms year in year out in comparison to parameters such as pH, Temperature, Electrical Conductivity and Dissolved Oxygen that did not present a significant variation. On another note, then carrying out the evaluation with the environmental quality standards for water, we can confirm 90 % Cd, 50% Cu, 100% Pb, 100% Zn, 90% Dissolved Oxygen and 90% Thermotolerant Coliforms exceeded the ECA's during 10 years of study however, the parameters of pH and Electrical Conductivity were within allowed range in the ECA's. Thus; it is concluded that wastewater negatively influences the water quality of the Mantaro River.

**Keywords:** Mantaro river, Wastewater, Space-time variation, DIGESA, AAA, ECA,

## INTRODUCCIÓN

El agua es imprescindible, no solo para la supervivencia de los seres vivos, sino también para el desarrollo socioeconómico, pero es lamentable ver que, con el paso del tiempo, la contaminación de este recurso se ha incrementado llegando a modificar así su medio ambiente, atentando contra la salud de las personas y poniendo en riesgo la economía global al encontrar la presencia de componentes químicos o de otra naturaleza en una densidad superior a la situación natural, de manera que incumple las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural.

Europa, Asia, Latinoamérica no escapan de esta situación. Por ejemplo, en México, se hizo un estudio de la variación espacio temporal de las concentraciones de materia orgánica, nutrientes, tóxicos orgánicos, coliformes y metales pesados en el río San Pedro. Para ello, se consideraron 43 estaciones de monitoreo y se analizaron 23 parámetros de los cuales se puso en conocimiento que, en el río San Pedro, destaca especialmente la presencia de altos niveles de contaminación por materia orgánica, nitrógeno total, detergentes y coliformes fecales. En el Perú, uno de los ríos más contaminados es el río Mantaro, que viene a ser un cuerpo de agua receptor de efluentes líquidos provenientes de la actividad minera que se desarrolla desde la naciente de esta cuenca y también del incremento de la población del lugar, haciendo que el contenido de metales pesados y aguas negras sean muy significantes, como es el caso de las concentraciones de Cadmio, Cobre, Plomo y Zinc que sobrepasan los estándares de calidad y los límites máximos permisibles y, por otro lado, el incremento de la concentración de Coliformes Termotolerantes presentes en esta cuenca. Es vital tener en cuenta que estos metales no se degradan biológica o químicamente en la naturaleza por lo que se consideran tóxicos para la mayoría de los organismos vivos y nocivos para la flora y fauna, así como para las actividades económicas en la cuenca del río Mantaro.

En la presente investigación se desarrollan cuatro capítulos. En el capítulo I: Planteamiento del problema de estudio, se plantea la contaminación del río Mantaro desde sus inicios en el cual se toma énfasis el análisis espacio temporal de la calidad del agua del Río Mantaro influenciada por las aguas residuales, en los años 2004 al 2008 y del 2015 al 2019, con el objetivo de analizar la influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro en estos periodos de tiempo, planteando, así, la hipótesis de la investigación que es identificar si las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 – 2019, además, de encontrar la justificación de la investigación.

En el capítulo II: Marco teórico, se presentan estudios similares o trabajos previos sobre el tema, es decir, el fundamento teórico y las definiciones de términos básicos que permitirán un mejor entendimiento de la presente investigación. En el capítulo III: Metodología, se señala el método, el alcance y el diseño de la investigación, como también la población y muestra de estudio. Finalmente, en el capítulo IV: Resultados, se presentan los resultados del análisis espacio temporal de la calidad del agua del río Mantaro influenciada por las aguas residuales y la discusión al respecto. Finalmente, se detallan las conclusiones y las recomendaciones.



## ÍNDICE GENERAL

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                                       | vi |
| CAPÍTULO I .....                                                        | 1  |
| PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....                                          | 1  |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema .....                     | 1  |
| 1.1.1. Planteamiento del problema .....                                 | 1  |
| 1.1.2. Formulación del problema .....                                   | 5  |
| 1.2. Objetivos .....                                                    | 6  |
| 1.2.1. Objetivo general.....                                            | 6  |
| 1.2.2. Objetivos específicos .....                                      | 6  |
| 1.3. Justificación e importancia.....                                   | 6  |
| 1.3.1. Justificación ambiental.....                                     | 6  |
| 1.3.2. Justificación económica .....                                    | 7  |
| 1.3.3. Justificación social .....                                       | 8  |
| 1.4. Hipótesis.....                                                     | 8  |
| 1.4.1. Hipótesis general .....                                          | 8  |
| 1.4.2. Hipótesis específicas .....                                      | 8  |
| 1.5. Descripción y operacionalización de variables .....                | 9  |
| 1.5.1. Descripción de variables .....                                   | 9  |
| 1.5.2. Operacionalización de variables .....                            | 9  |
| CAPÍTULO II .....                                                       | 11 |
| MARCO TEÓRICO.....                                                      | 11 |
| 2.1. Antecedentes del problema .....                                    | 11 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales .....                               | 11 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales.....                                     | 13 |
| 2.1.3. Antecedentes locales.....                                        | 15 |
| 2.2. Bases teóricas .....                                               | 16 |
| 2.2.1. Ríos .....                                                       | 16 |
| 2.2.2. Aguas residuales .....                                           | 19 |
| 2.2.3. Calidad del agua.....                                            | 23 |
| 2.2.4. Marco Legal.....                                                 | 25 |
| 2.2.5. Efluentes.....                                                   | 26 |
| 2.2.6. Pruebas estadísticas para dos o más muestras independientes..... | 27 |
| 2.2.7. Recursos estadísticos.....                                       | 29 |
| 2.3. Definición de términos básicos .....                               | 30 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO III.....                                                                | 32  |
| METODOLOGÍA.....                                                                 | 32  |
| 3.1. Método de investigación .....                                               | 32  |
| 3.1.1. Método general de la investigación.....                                   | 32  |
| 3.2. Alcance de la investigación.....                                            | 32  |
| 3.2.1. Tipo de investigación .....                                               | 32  |
| 3.2.2. Nivel de investigación .....                                              | 32  |
| 3.2. Diseño de la investigación .....                                            | 33  |
| 3.2.1. Tipo de diseño de la investigación .....                                  | 33  |
| 3.3. Población y muestra .....                                                   | 34  |
| 3.3.1. Población.....                                                            | 34  |
| 3.3.2. Muestra.....                                                              | 34  |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....                        | 34  |
| 3.4.1. Técnica.....                                                              | 34  |
| 3.4.2. Instrumento.....                                                          | 34  |
| CAPÍTULO IV .....                                                                | 36  |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                     | 36  |
| 4.1. Análisis de la información .....                                            | 36  |
| 4.1.1. Contexto .....                                                            | 36  |
| 4.1.2. Monitoreos realizados del 2015 al 2019 en la cuenca del río Mantaro ..... | 40  |
| 4.2. Resultados.....                                                             | 50  |
| CONCLUSIONES.....                                                                | 91  |
| RECOMENDACIONES.....                                                             | 94  |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                  | 94  |
| ANEXOS .....                                                                     | 101 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ILUSTRACIÓN 1: PORCENTAJE DEL AGUA EN LA TIERRA.....                                             | 2   |
| ILUSTRACIÓN 2: RÍOS MÁS CONTAMINADOS DEL PERÚ .....                                              | 3   |
| ILUSTRACIÓN 3: MAPA DE UBICACIÓN DEL RIO MANTARO .....                                           | 5   |
| ILUSTRACIÓN 4: CURSOS DE UN RÍO .....                                                            | 17  |
| ILUSTRACIÓN 5: ORDENES DE LOS RÍOS .....                                                         | 18  |
| ILUSTRACIÓN 6: PRUEBAS ESTADÍSTICAS .....                                                        | 27  |
| ILUSTRACIÓN 7: CONDICIONES PARA LA PRUEBA T .....                                                | 28  |
| ILUSTRACIÓN 8: CONDICIONES PARA LA MANN WHITNEY .....                                            | 28  |
| ILUSTRACIÓN 9: PRUEBA ANOVA.....                                                                 | 28  |
| ILUSTRACIÓN 10: PRUEBA KRUSKAL WALLIS.....                                                       | 29  |
| ILUSTRACIÓN 11: TIPOS DE DISEÑO NO EXPERIMENTAL .....                                            | 33  |
| ILUSTRACIÓN 12: VERTIMIENTOS INDUSTRIALES MINEROS.....                                           | 36  |
| ILUSTRACIÓN 13: VERTIMIENTO RESIDUALES DOMÉSTICAS.....                                           | 37  |
| ILUSTRACIÓN 14: PRUEBA MAPA PUNTOS DE MONITOREO.....                                             | 40  |
| ILUSTRACIÓN 15: EVALUACIÓN DEL ECA PARA CADMIO .....                                             | 55  |
| ILUSTRACIÓN 16: EVALUACIÓN DEL ECA PARA COBRE.....                                               | 59  |
| ILUSTRACIÓN 17: EVALUACIÓN DEL ECA PARA PLOMO .....                                              | 63  |
| ILUSTRACIÓN 18: EVALUACIÓN DEL ECA PARA ZINC.....                                                | 68  |
| ILUSTRACIÓN 19: EVALUACIÓN DEL ECA PARA PH. ....                                                 | 72  |
| ILUSTRACIÓN 20: EVALUACIÓN DEL ECA PARA TEMPERATURA.....                                         | 77  |
| ILUSTRACIÓN 21: EVALUACIÓN DEL ECA PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....                            | 81  |
| ILUSTRACIÓN 22: EVALUACIÓN DEL ECA PARA OXÍGENO DISUELTO .....                                   | 85  |
| ILUSTRACIÓN 23: EVALUACIÓN DEL ECA PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES<br>.....                      | 89  |
| ILUSTRACIÓN 24: MONITOREO 2004.....                                                              | 94  |
| ILUSTRACIÓN 25: MONITOREO 2005.....                                                              | 95  |
| ILUSTRACIÓN 26: MONITOREO 2006.....                                                              | 96  |
| ILUSTRACIÓN 27: MONITOREO 2007 .....                                                             | 97  |
| ILUSTRACIÓN 28: MONITOREO 2008.....                                                              | 98  |
| ILUSTRACIÓN 29: MONITOREO 2015.....                                                              | 99  |
| ILUSTRACIÓN 30: MONITOREO 2016.....                                                              | 100 |
| ILUSTRACIÓN 31: MONITOREO 2017 .....                                                             | 101 |
| ILUSTRACIÓN 32: MONITOREO 2018.....                                                              | 102 |
| ILUSTRACIÓN 33: MONITOREO 2019 .....                                                             | 103 |
| ILUSTRACIÓN 34: PUNTOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA<br>CUENCA DEL RÍO MANTARO ..... | 104 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ILUSTRACIÓN 35: PUNTOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA<br>CUENCA DEL RÍO MANTARO ..... | 105 |
| ILUSTRACIÓN 36: PUNTOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA<br>CUENCA DEL RÍO MANTARO ..... | 106 |
| ILUSTRACIÓN 37: PUNTOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA<br>CUENCA DEL RÍO MANTARO ..... | 107 |
| ILUSTRACIÓN 38: FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO<br>MANTARO .....                   | 108 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....                        | 10 |
| TABLA 2: CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....                | 20 |
| TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA CONTINENTALES              |    |
| SUPERFICIALES .....                                                  | 26 |
| TABLA 4: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....                          | 35 |
| TABLA 5: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....                          | 37 |
| TABLA 6: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....                          | 38 |
| TABLA 7: COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREOS .....           | 41 |
| TABLA 8: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN CADMIO .....                | 42 |
| TABLA 9: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN COBRE.....                  | 43 |
| TABLA 10: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN PLOMO.....                 | 44 |
| TABLA 11: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN ZINC .....                 | 45 |
| TABLA 12: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN PH .....                   | 46 |
| TABLA 13: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN TEMPERATURA.....           | 47 |
| TABLA 14: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA    | 48 |
| TABLA 15: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN OXÍGENO DISUELTO .....     | 49 |
| TABLA 16: RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EN COLIFORMES                 |    |
| TERMOTOLERANTES.....                                                 | 50 |
| TABLA 17: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CADMIO.....                      | 52 |
| TABLA 18: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA CADMIO.....                   | 52 |
| TABLA 19: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA CADMIO .....                  | 53 |
| TABLA 20: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO Y AÑOS .   | 55 |
| TABLA 21: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA COBRE .....                      | 56 |
| TABLA 22: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA COBRE .....                   | 56 |
| TABLA 23: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA COBRE.....                    | 57 |
| TABLA 24: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE Y AÑOS ...  | 59 |
| TABLA 25: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA PLOMO .....                      | 60 |
| TABLA 26: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA PLOMO .....                   | 60 |
| TABLA 27: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA PLOMO .....                   | 61 |
| TABLA 28: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO Y AÑOS...   | 63 |
| TABLA 29: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA ZINC .....                       | 65 |
| TABLA 30: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA ZINC.....                     | 65 |
| TABLA 31: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA ZINC.....                     | 66 |
| TABLA 32: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE ZINC Y AÑOS ..... | 68 |
| TABLA 33: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA PH.....                          | 69 |
| TABLA 34: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA PH .....                      | 69 |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 35: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA PH .....                                               | 70 |
| TABLA 36: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PH Y AÑOS.....                             | 72 |
| TABLA 37: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA TEMPERATURA.....                                          | 74 |
| TABLA 38: TABLA DE KRUSKAL WALLIS PARA TEMPERATURA .....                                      | 74 |
| TABLA 39: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA TEMPERATURA .....                                      | 75 |
| TABLA 40: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE TEMPERATURA Y<br>AÑOS .....                | 77 |
| TABLA 41: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....                             | 78 |
| TABLA 42: TABLA DE KRUSKAL WALLIS PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....                           | 78 |
| TABLA 43: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....                           | 79 |
| TABLA 44: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE CONDUCTIVIDAD<br>ELÉCTRICA Y AÑOS .....    | 81 |
| TABLA 45: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA OXÍGENO DISUELTO .....                                    | 82 |
| TABLA 46: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA OXÍGENO DISUELTO .....                                 | 82 |
| TABLA 47: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA OXÍGENO DISUELTO .....                                 | 83 |
| TABLA 48: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE OXÍGENO<br>DISUELTO Y AÑOS .....           | 85 |
| TABLA 49: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES ...                            | 86 |
| TABLA 50: TABLA DE KRUSKAL-WALLIS PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES                             | 86 |
| ABLA 51: TABLA DE U MANN-WHITNEY PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES.                             | 87 |
| TABLA 52: CORRELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES<br>TERMOTOLERANTES Y AÑOS ..... | 89 |
| TABLA 53: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....                                                         | 93 |

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### ***1.1.1. Planteamiento del problema***

Conforme aumentan las necesidades del ser humano, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. Desde tiempos remotos, mientras el hombre se adaptaba al medio ambiente para sobrevivir, fue modificándolo según las necesidades que presentaba, y sin darse cuenta creando agentes contaminantes que han ido degradando diferentes entornos naturales; por tanto, con el paso de los años, el crecimiento poblacional y el incontrollable desarrollo industrial, dieron lugar a la contaminación ambiental al introducir en el medio ambiente concentraciones elevadas de sustancias físicas, químicas o biológicas peligrosas (1).

La contaminación ambiental es un problema que se manifiesta desde antes de la Revolución Industrial (2) y hasta ahora no se ha podido controlar, ya que involucra a todos los países. Según el cuerpo receptor, la contaminación ambiental se puede presentar en tres tipos: La contaminación atmosférica o del aire, la contaminación hídrica o del agua y la contaminación del suelo. Por separado o interactuando entre ellos, estos suponen un grave riesgo para la salud de los seres vivos y para la conservación de la biodiversidad y ecosistemas; por ello, uno de los recursos vitales que se debe de preservar ante tal amenaza de contaminación, es el agua.

El agua es un elemento natural que hace posible la vida en la Tierra, ya que forma parte indispensable del desarrollo de los procesos biológicos, por lo que resulta ser un recurso básico e imprescindible (*Ver Ilustración 1*). Desde el firmamento, la apariencia que se percibe de la Tierra es un planeta de color azul; ya que el 70% de su superficie está cubierta por agua y el 30% de tierra. Sin embargo, la disponibilidad de agua promedio que se tiene es de aproximadamente 1.386 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales el 97,5% es agua salada y el 2,5% es agua dulce. De esa cantidad, sólo una mínima parte es accesible para el consumo humano.

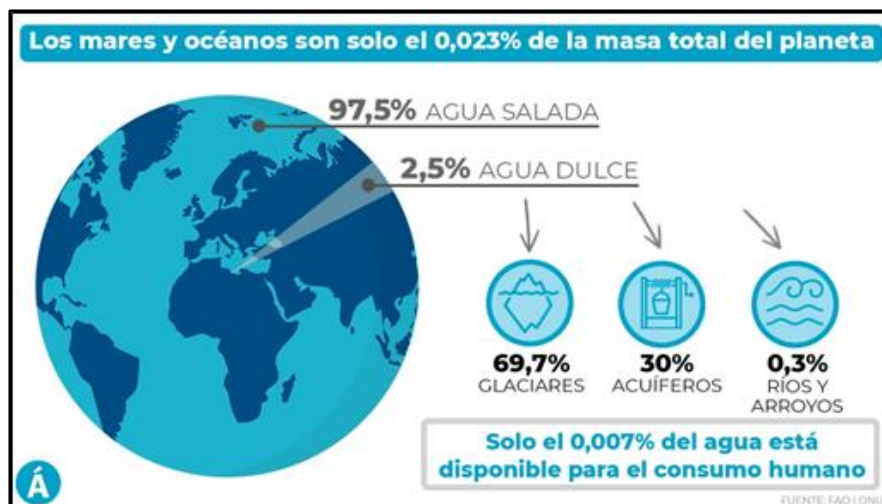


Ilustración 1: Porcentaje del agua en la Tierra

Fuente: Diario Ágora (3)

A su vez, esa mínima cantidad de agua para consumo humano, proviene de fuentes de aguas superficiales o subterráneas que al pasar por un proceso de potabilización y cumplir con las normas de calidad promulgadas tanto por las autoridades locales e internacionales, no supone un riesgo para la salud y puede ser utilizada sin restricciones, no obstante, es inevitable notar que alrededor del mundo estas fuentes están siendo contaminadas, como es el caso de los ríos.

Por ejemplo, el río Guaire en Venezuela desde hace años atrás se encuentra en una situación ecológicamente alarmante, debido a que constituye la principal vía de desagüe de las aguas residuales en la capital venezolana (4). Del mismo modo, el río Bogotá en Colombia se convirtió en un cuerpo receptor de aguas residuales además de desechos industriales, sólidos y biológicos que terminaron dejándolo en un río sin oxígeno y por ende, ni vida micro biótica (5). Por su parte, el río Loa, el más largo de Chile, también se sumerge en la contaminación y en los últimos años se pudo ver que se reportó un incremento de microplásticos flotantes en sus aguas (6). Asimismo, el río Matanza en Argentina que recibe significantes cantidades de desechos industriales de las numerosas fábricas que se sitúan a lo largo del río además de vertidos constantes de aguas fecales y la disposición de más de cien basureros a cielo abierto por lo que sus aguas contienen niveles elevados de mercurio, zinc, plomo y cromo (7); y sin dejar de mencionar al río Tieté en Brasil, que sus aguas exceden completamente las escalas de medición de la calidad del agua (8).



En esta problemática, no existe distinción de países, por lo que los vertidos residuales, vertidos industriales, uso de pesticidas en la agricultura, desechos sólidos en las riberas de los ríos, etc., resultan ser el común denominador de la contaminación de ríos.

El Perú, no es ajeno a este problema; dado a que el aprovechamiento de los recursos hídricos de las Cuencas Hidrográficas carece de una planificación integral, el cual provoca el deterioro de la calidad del agua.

Según una información emitida por la Autoridad Nacional Peruana (ANA) en el 2014, se evidencia que hay un total de 21 ríos contaminados producto de la actividad minera a nivel nacional (*Ver Ilustración 2*). Contaminación que proviene de la gran, mediana y pequeña minería, así como de la informal y artesanal (9) en donde, se puede ver que uno de los ríos más contaminados en el departamento de Junín, es el río Mantaro.



*Ilustración 2: Ríos más contaminados del Perú*

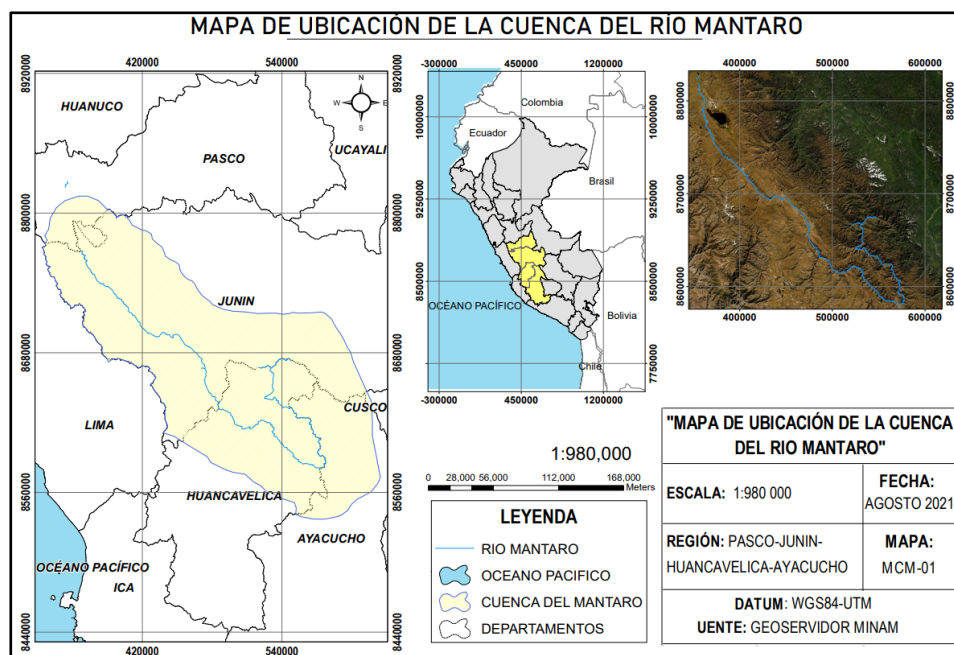
*Fuente: Agua Pureza (10)*

Hatunmayo o llamado también río Mantaro, nace en el lago Chinchaycocha que se encuentra en los departamentos de Pasco y Junín, recorre 724 kilómetros por los departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho para finalmente unirse al río Apurímac y formar el río Ene, tributario del río Amazonas (*Ver Ilustración 3*). En su recorrido, sus aguas irrigan 11,000 hectáreas de la superficie agrícola del Valle Mantaro, además de se utilizan

también para generar electricidad en las hidroeléctricas de Malpaso Oroya, Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución, otorgando así el 50% de energía eléctrica en el Perú (11).

Sin embargo, en una publicación titulada “Junín: Denuncian a cuatro mineras por contaminación de lago” por el diario Correo, se presentó una denuncia penal contra Volcan, Aurex, El Brocal y Doe Run por la contaminación del lago Chinchaycocha ya que se busca sancionar a los verdaderos responsables de este problema. Cabe mencionar, que las mineras denunciadas ya han infringido las leyes, reglamentos o límites máximos permisibles, incitando que se realicen descargas de minerales, emisiones de gases tóxicos, polvo y desechos, y demás en perjuicio de la atmósfera, el suelo, subsuelo, aguas terrestres y subterráneas. En la denuncia también se indica que la municipalidad provincial de Junín, llevó a cabo un “muestreo puntual de contaminantes” en los recursos agua, sedimento, suelo y pastos obteniendo como resultado un estado de “alta preocupación” puesto a que los valores del zinc, cobre y plomo se encuentran alterados y superan los niveles establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, dispuesto por el Ministerio del Ambiente (12).

Por eso, hoy, existe una preocupación en la calidad del agua que tiene el río Mantaro, ya que sus aguas nacen contaminada en el lago Chinchaycocha, además de que en su trayecto sus aguas también se encuentran contaminadas especialmente por metales pesados como el cobre, cadmio, plomo, hierro, etc.; que empresas mineras como Volcan, Brocal, Huarón, Animón, complejo metalúrgico de la Oroya, San Cristóbal, Carahuacra, Morococha, Austra Duvas, Manuelita, Anticono, Calera Cut-off, Andaychaua, Marta, Huachocolpa, Recuperada, Julcani, Cobriza y 67 centros mineros cerrados, han ido eliminando alrededor de 100 000 toneladas de relaves por año, convirtiéndolo así, en una completa cloaca (11) sin mencionar que recibe cantidades de descargas de aguas residuales domésticas que no cuentan con tratamiento alguno.



*Ilustración 3: Mapa de ubicación del río Mantaro*

*Fuente: Elaboración propia.*

En la ley de protección de los recursos hídricos; los parámetros físicos, químicos y biológicos son los más importantes y toda fuente de agua debe cumplir para su respectivo uso y pese a que en el 2003 se publicó la Ley N°28082 que declaraba en emergencia la cuenca del río Mantaro; este sigue sumergiéndose en la contaminación. Por lo que ahora más que antes, es tiempo que las autoridades locales, regionales y nacionales tomen cartas en el asunto antes de que sea demasiado tarde.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **1.1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es la influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Qué parámetros superan los estándares de calidad ambiental en la cuenca del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?
- ¿Qué efecto tiene el vertimiento de aguas residuales industriales mineras en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?

- ¿Qué efecto tiene el vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?
- ¿Cuál es la relación que existe entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Analizar la influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros que superan los estándares de calidad ambiental en la cuenca del río Mantaro.
- Determinar el efecto que tiene el vertimiento de aguas residuales industriales mineras en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.
- Determinar el efecto que tiene el vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.
- Identificar la relación que existe entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años.

## **1.3. Justificación e importancia**

Las justificaciones son desarrolladas de acuerdo a los siguientes tres aspectos.

### **1.3.1. Justificación ambiental**

Se encontró como puntos de información en impacto ambiental al desastre ambiental ocurrido en el distrito de San Pedro de Coris, región Huancavelica. El relave derramado, equivalente a 425 mil barriles, provenientes de la unidad minera Cobriza de la empresa Doe Run Perú; suscitado en julio del 2019; este suceso tuvo como actor principal la falta de mantenimiento de los pozos que contienen estos residuos mineros altamente contaminantes(13). Así también en el 2011; el burgomaestre de la provincia de Junín Luis Alberto Solórzano, realizó una acusación comprendida a cuatro empresas mineras Volcan, Aurex, El Brocal y Doe Run, por contaminación al Lago Chinchaycocha. En el cual manifiesta que es un pedido de parte de la

población hace más de 82 años, para preservar la naturalidad del Lago ante las futuras generaciones(12); las principales muestras son que las aguas se coloran de color rojo ladrillo, principalmente de contaminantes como zinc cobre y plomo dentro de la zona noroeste de Lago Chinchaycocha. La contaminación del río Mantaro, a través de los años, ha ido modificando el hábitat de innumerables formas de vida (protistas, moneras, hongos, etc) por lo que actualmente diversas entidades están considerando su preservación entre en sus metas.

- Según el PLANAA del 2011 al 2021 se tiene como Meta 1: “Agua”, Por tanto, existe la necesidad de gestionar las cuencas hidrográficas de manera integrada con un enfoque ecosistémico que considere la gestión sostenible de los recursos hídricos y priorice la conservación de los recursos de la cuenca (14), y así también da como alcance abastecer los servicios eco sistémicos importantes para preservar la vida y el medio ambiente.
- Según la ONU propuso como el ODS 12 “Producción y Consumo Responsable” (15) promete mejorar la disponibilidad y el uso adecuado del agua en el Sector Agrario (14).
- Según la PNA dentro del eje 1: “Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica”; se tiene como objetivo lograr la gestión integrada de los recursos hídricos y conservar los ecosistemas (16).

Por lo tanto, esta investigación ayudara a cumplir con estas metas en el menor tiempo posible.

### **1.3.2. Justificación económica**

Desde la antigüedad, grandes civilizaciones se han ido estableciendo junto a ríos de dimensiones considerables debido a la necesidad de agua y alimentos; así pues, el valle del Mantaro se encuentra formado por el río Mantaro, río que viene a ser fuente primordial de agua para el desarrollo de una serie de actividades económicas en la cuenca como, la agricultura, ya que el agua del río Mantaro sirve para riego a más de 40 Comisiones de Regantes en Junín, Huancavelica y Ayacucho (17). Por otro lado, su agua se utiliza también para generar electricidad proporcionando al menos el 50% de la energía eléctrica del país. El seguimiento y la presentación de informes sobre las emisiones de contaminantes ambientales y la calidad del agua ambiental serán fundamentales para avanzar, en caso de no realizar mediciones, no se

podrá identificar el problema y no evaluar la eficacia de las políticas (18). Esta investigación aportará un contenido importante a entidades como la ANA para que así pueda promover proyectos de modernización en la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (19) y así potenciar actividades como la agricultura, ganadería u otras. Por tanto, es necesario e indispensable que el río Mantaro tenga una buena calidad del agua, puesto que de no ser así podría repercutir en estas actividades económicas que se desarrollan a lo largo de la cuenca además de ocasionarnos ciertos daños a la salud.

### **1.3.3. Justificación social**

Muchas zonas con un suministro de agua insuficiente suelen sufrir de enfermedades como el cólera, la hepatitis, la disentería, la gastroenteritis, etc., para poder lidiar con este problema se necesita preservar la calidad del agua del río Mantaro implicando políticas de saneamiento ambiental y el funcionamiento óptimo de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca; sin embargo, existen muchas PTAR's que se encuentran inoperativas debido a los elevados costos que implican tratar aguas residuales, que en su mayoría resultan ser domésticas (20). Es así que, esta investigación servirá para informar el estado actual de cómo se encuentra el río Mantaro en los últimos años y, concientizar a la población residente el uso responsable de este recurso vital.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

- Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

Hipótesis nula

- Las aguas residuales no influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- El incumplimiento de los estándares de calidad ambiental, afectan significativamente la conservación de la calidad del agua en la cuenca del río Mantaro.

- El vertimiento de aguas residuales industriales mineras, afectan significativamente en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.
- El vertimiento de aguas residuales domésticas, afectan significativamente en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.
- Existe una relación directa entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años.

## **1.5. Descripción y operacionalización de variables**

### ***1.5.1. Descripción de variables***

- Variable independiente: Aguas residuales.
- Variable dependiente: Calidad del agua.

### ***1.5.2. Operacionalización de variables***

Tabla 1

*Operacionalización de variables*

| VARIABLE                          | DEFINICIÓN CONCEPTUAL                                                                                                                                                                                                                  | DIMENSIONES                | INDICADORES         | UNIDAD DE MEDIDA | TIPO DE VARIABLE |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|------------------|------------------|
| INDEPENDIENTE<br>Aguas residuales | Esta agua se toma del sistema de suministro de agua de una comunidad residencial después de haber sido renovada para diversos usos domésticos, recolectada por una red de alcantarillado que los conducirá a un destino adecuado (21). | Aguas residuales           | Concentración       | m <sup>3</sup>   | Cuantitativa     |
| DEPENDIENTE<br>Calidad del agua   | Establece un conjunto de condiciones, entendidas como niveles aceptables, que deben ser respetadas para asegurar la protección de los recursos hídricos y la salud de las personas en un territorio determinado (22).                  | Cadmio                     | Concentración       | mg/l             | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Cobre                      | Concentración       | mg/l             | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Plomo                      | Concentración       | mg/l             | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Zinc                       | Concentración       | mg/l             | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | pH                         | Escala de pH        | <7 = Acido       | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                     | 7 = Neutro       | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                     | >7 = Alcalino    | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Conductividad Eléctrica    | Medida              | uS/cm            | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Oxígeno Disuelto           | Concentración de OD | mg/l             | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Temperatura                | Unidad              | °C               | Cuantitativa     |
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                        | Coliformes Termotolerantes | Concentración       | NMP/100ml        | Cuantitativa     |

*Fuente: Elaboración propia*



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

La tesis titulada *“Análisis espacio-temporal de la calidad del agua del río Magdalena (período 2009-2018) a partir de la comparación de índices de calidad del agua”*. Tiene como objetivo principal identificar la calidad del agua del Río Magdalena evaluando catorce parámetros de calidad del agua, para medir el impacto de las actividades antropogénicas que influyen en la concentración de estos parámetros. Una herramienta muy útil utilizada en esta tesis fue el ICA, que ayuda a permitir al público y a los tomadores de decisiones evaluar la calidad del agua de los ríos en Venezuela. Este estudio compara el ICA nacional e internacional y el ICA autoproducido, a partir del análisis de espacio-tiempo, mediante el análisis de 12 estaciones de monitoreo (identificadas en la red nacional de monitoreo de recursos hídricos), para el período de 2009 a 2018. Su metodología de base cuantitativa es de enfoque desarrollado, que tomando en cuenta los datos proporcionados por las autoridades reguladoras ambientales y utilizando métodos aprobados descritos en la literatura y fue analizando la correlación de variables fisicoquímicas. En conclusión, el uso y comparación de diferentes métodos para el cálculo del ICA es una herramienta útil para la evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Magdalena, ya que puede ser utilizada como una estrategia para estimar la calidad del agua en otros sistemas superficiales (23). Esta investigación aporta en la metodología correlacional y el estudio fisicoquímico de calidad para diferentes puntos de monitoreo en las aguas del río Mantaro.

La tesis titulada *“Análisis espacio-temporal de la calidad del agua a partir de las comunidades de diatomeas presentes en la quebrada Las Delicias de los cerros orientales de Bogotá”*. Tiene como objetivo el análisis espacial y temporal de la calidad del agua, comenzando con las comunidades de diatomeas en el arroyo Las Delicias de los cerros al oriente de Bogotá. En esta investigación se realizaron monitoreos fisicoquímicos y biológicos, detallando cantidad de especies biológicas en los periodos de lluvia y sequía. La metodología representada en la explicativa porque da razón a lo que ocurre un fenómeno y establecer relaciones de causalidad. Esta investigación aporta en el conocimiento de la operacionalización de variables así también como la

comparación de los parámetros evaluados y el análisis espacio temporal de las variables (24).

El artículo titulado *“Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de Aguascalientes, México”*. Tiene por objetivo evaluar la variación espacio temporal de las concentraciones de materia orgánica, nutrientes, tóxicos orgánicos, coliformes y metales pesados en el río. El estudio se realizó en 43 estaciones de monitoreo y se analizaron 23 parámetros de los cuales se pone en conocimiento que en el Río San Pedro destaca especialmente la presencia de altos niveles de contaminación por materia orgánica, nitrógeno total, detergentes y coliformes fecales. Finalmente se encontró un ligero incremento en los sitios de muestreo cercanos a las descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales. Por lo que se adoptó en esta investigación, los parámetros que influyen en la contaminación del río y los factores por los que se ve afectado (25).

El artículo titulado *“Evaluación espacio-temporal de la calidad de las aguas en la Cuenca Hidrográfica Guaos-Gascón”*. Tiene por objetivo determinar el Índice de calidad de las aguas superficiales y estadísticamente comparar con estudios anteriores. El estudio se ubica al poniente de la ciudad de Santiago de Cuba, esta zona se utiliza como área para remover los productos residuales de las actividades humanas, afectar la composición natural y aumentar la carga de contaminación a la bahía de Santiaguera. Para llevar a cabo este estudio de febrero a abril de 2017, se analizaron 2 parámetros fisicoquímicos y 3 parámetros microbiológicos en ocho estaciones de monitoreo (26). Se encontró que no se cumplen las Normas Cubanas encontrando gérmenes patógenos; así también se compara estadísticamente con estudios anteriores, confirmando un aumento de contaminación en estas aguas. Esta investigación aporta la metodología de análisis de datos, el análisis correlacional con estudios anteriores y como antecedente de lo que podemos obtener en esta investigación.

La tesis titulada *“Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF”*. Tiene como propósito evaluar la calidad del agua del río Monjas durante los meses de mayo a setiembre del 2019. Para ello, midieron ocho parámetros fisicoquímicos y un parámetro microbiológico de las estaciones de muestreo Pomasqui y San Antonio de Pichincha, posteriormente las muestras fueron evaluadas con la ayuda de la metodología del Índice de Calidad del Agua ICA – NSF propuesta por Brown y la Fundación Nacional de Sanitización de los

Estados Unidos. Los resultados muestran que la calidad del río se encuentra en la clasificación de “mala calidad”, según la metodología estudiada, teniendo a la temperatura alta, disminución del oxígeno disuelto, concentraciones de DBO5, alto contenido de fosfatos y coliformes fecales como los parámetros que influyeron en mayor magnitud para definir esta clasificación. Por otro lado, los valores obtenidos en el estudio de los parámetros no revelaron variación espacial ni temporal de un muestreo al otro, de modo que se concluye que el aporte de contaminantes al río Monjas entre los sectores de Pomasqui y San Antonio de Pichincha, no son relevantes (27). Esta tesis contribuye en la discusión de resultados de la presente investigación ya que sus resultados muestran no tener variación espacial ni temporal.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

La tesis titulada *“Análisis espacio-temporal del índice de la calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021”*. Tiene como propósito estudiar la variación espacio-temporal del índice de la calidad ambiental del río San Gabán en los puntos de control situados en los distritos de Macusani, Ollachea y San Gabán, provincia de Carabaya, región Puno considerando temporadas de desborde y estiaje. La metodología que emplea es de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), ya que agrupa 14 parámetros de tipo fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos a partir de datos de monitoreos de la calidad del agua realizados por la Administración Local del Agua (ALA) Tambopata – Inambari en el periodo 2016 al 2020. Como resultado de investigación, se indica que en Macusani la calidad promedio del agua en el punto RSgab1 es mejor que en el punto RSgab2, debido a la concentración de coliformes termotolerantes en el punto de salida; mientras que en Ollachea, el punto RSgab3 (aguas arriba) muestra una calidad de agua “buena” a diferencia con el punto RSgab4 (aguas abajo) de calidad “regular”, reducción que ocurre por la presencia de coliformes termotolerantes y concentración de plomo que sobrepasan los estándares de calidad de agua; de igual forma en San Gabán, el punto RSgab5 (aguas arriba) muestra una mejor calidad de agua a diferencia con el punto RInam1 (aguas abajo), en vista del aumento de Pb. La correlación lineal de los ICARHS de Macusani y Ollachea resulta débil, entre Macusani y San Gabán de intensidad fuerte y entre Ollachea y San Gabán moderada (28). Esta tesis aporta en la metodología de la presente investigación, dado que considera la metodología

de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) al agrupar los parámetros en fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos.

La tesis titulada *“Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo”*. Tiene por finalidad analizar la calidad espacial y temporal del agua para riego a través de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canadá) además de considerar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Para el procesamiento de los datos obtenidos de la DIGESA y SEDAPAL del año 2011; emplea los métodos estadísticos de Correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales obteniendo como resultado, que el índice de calidad NSF WQI señala que la mejor calidad de agua, se encuentra en dos estaciones de la parte alta del área de estudio y en la parte baja se determinaron condiciones entre buenas a medias; mientras que, con el índice de calidad CCME WQI las dos estaciones de la parte alta mostraron niveles de calidad entre aceptables y buenos; y en el punto más bajo, entre aceptable y excelente. Esto indica que, en todo el año hidrológico en las tres estaciones, hay parámetros que presentan correlaciones altas y positivas, dado a que posiblemente provienen de dos fuentes comunes: la primera, de origen antropogénico (actividad minera y descargas municipales de las poblaciones cercanas) y la segunda, de origen natural (características del suelo). Sin embargo; otros parámetros presentan correlaciones más estrechas en los meses de estiaje, esto por las características que presenta el río, ya que el vertimiento de efluentes mineros y municipales suponen mayor impacto en la calidad de las aguas superficiales en la época de estiaje (29). Esta tesis nos muestra como la actividad minera y el vertimiento de aguas domésticas impactan negativamente en la calidad del agua del río; por ello, es de gran aporte en la discusión de la presente investigación.

En la tesis titulada *“Evaluación espacio-temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial de la microcuenca del Río Tinco, Provincia Yauyos, Departamento Lima”*. Tiene por propósito evaluar la variación espacio-temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial en la microcuenca del río Tinco. Para ello, se delimitaron y georreferenciaron estaciones de muestreo y se obtuvieron muestras de agua en el periodo de estiaje y avenida. Los parámetros que se midieron fueron el pH, T°, CE, OD, turbiedad, caudal y metales pesados, sus valores fueron comparados con los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N°004-2017-MINAM. Para el análisis de interpolación, se empleó el método Inverse Distance Weight (IDW) y para el

análisis exploratorio correlacional, el método de correlación de Pearson con un nivel de significancia de 0.01 y un nivel de confianza de 0.1. Como resultado, los parámetros fisicoquímicos cumplieron con los ECA-agua (Categoría 3), a excepción del Ph en época de estiaje, en cuanto a los metales pesados, éstos no sobrepasan los ECA-agua (Categoría 3). Asimismo, al comparar las concentraciones de metales pesados con los parámetros fisicoquímicos a un nivel de significancia de 0.05, no se encuentran diferencias significativas en metales pesados a diferencia del pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad y caudal que si presentan diferencias significativas (30). Esta tesis permite evaluar las relaciones que existen entre los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados para emitir conclusiones en la presente investigación.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

En el artículo titulado *“Data on the concentration of heavy metals and metalloids in lotic water of the Mantaro river watershed and human risk assessment, Peru – 2020”*, tiene por objetivo presentar datos sobre la concentración de metales pesados y metaloides en el agua de siete ríos de la cuenca del río Mantaro en los Andes centrales del Perú, recolectados durante el otoño de 2019. Concentraciones de Cu, Fe, Pb, Zn y As que fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica para evaluar el riesgo humano. Teniendo como resultados que la concentración de metales pesados y arsénico varió según el sector de los ríos evaluados, al mismo tiempo que la evaluación de riesgos para los seres humanos se realizó sobre la base de dosis de exposición a metales pesados y arsénico en el agua por ingestión y vías cutáneas, utilizando métodos estándar establecidos por USEPA (31). Este estudio aporta en el conocimiento de los efectos en salud de las personas que trae la exposición de metales pesados del río Mantaro reflejados en los valores de dosis de exposición por ingestión y dosis de exposición dérmica por metales pesados y arsénico en niños y adultos; en los valores del cociente de riesgo por ingestión y cociente de peligrosidad para la vía dérmica de metales pesados y arsénico para niños y adultos; y el índice de riesgo por ingestión y contacto dérmico de metales pesados y arsénico en aguas lóaticas con influencia minera en la Cuenca del Río Mantaro, Perú.

La tesis titulada, *“Evaluación de la calidad del agua y vertimiento de efluentes industriales en la sub-cuenca del río San Juan, 2006- 2016, Cerro de Pasco”*, tiene como objetivo principal entender la variación de parámetros

físicos, químicos y microbiológicos en los últimos 11 años; la presente investigación fue hecha en base a monitorear la calidad del agua durante dicho periodo, para lo cual se usó información de la DIGESA. Se evaluó el comportamiento a lo largo del tramo monitoreado de la sub cuenca alta del Río San Juan, teniendo como resultado, que en las concentraciones de las muestras tomadas a lo largo del tramo a monitorear para los años 2006 al 2016, hay un cierto grado de variación de la calidad del agua por la presencia de contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica como metales pesados, materia orgánica y Coliformes Termotolerantes (32). Esta investigación aporta como antecedentes que desde el 2006 tenemos presencia de contaminantes en la naciente del Río Mantaro, así también esta investigación informa que las concentraciones fueron disminuyendo a lo largo del tiempo.

La tesis titulada, *“Cumplimiento de la normatividad ambiental por el sector minero metalúrgico y su impacto ambiental en el río Mantaro - Región Junín”*, posee como objetivo general el Fiscalizar el cumplimiento de la normatividad ambiental por el sector minero metalúrgico y mitigar los impactos ambientales, la investigación evidencia que las actividades minero metalúrgicas influyen en la calidad del agua del río Mantaro, por ello es importante que los entes fiscalizadores conjuntamente con la empresa privada trabajen para cumplir con la normativa ambiental; el Estado no solamente debe dar leyes sino que debe asesorar y ser parte de la solución.. Esta investigación aporta como antecedente de la concentración de aguas industriales, además de que los vertimientos industriales, que recibe principalmente la cuenca o Zona Alta del río Mantaro, que está en Pasco, Junín y Yauli (La Oroya), son en su totalidad mineros y comprenden las aguas ácidas de mina, aguas tratadas en las plantas de estabilización (33).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Ríos**

Los ríos son cursos de agua que se mantienen en permanente movimiento sobre la superficie terrestre; asimismo, son grandes escultores capaces de formar valles, cañones, desfiladeros, deltas y estuarios.

Muchas veces se dice que los ríos son la “Sangre de la Tierra” porque se encargan de distribuir agua y sales minerales por amplias zonas, importantes para la formación de suelos y vegetación. Por ello, son

considerados como ecosistemas dinámicos que interactúan con su entorno para el intercambio de materia y energía (34).

### Origen

Los ríos pueden provenir de una fuente, de un manantial, de un lago o del deshielo de un glaciar en el que se ha acumulado agua de las precipitaciones. En su trayecto, su caudal va aumentando con las lluvias para llegar a desembocar en otro río, lago o el mar. Cabe mencionar, que la distancia que hay entre la naciente de un río y su desembocadura, recibe el nombre de curso (35).

### Cursos

Si seguimos el flujo de un río desde su nacimiento hasta su desembocadura se encuentran:

- El **curso alto**, es el lugar en donde nace un río, suelen ser zonas montañosas y se caracterizan por tener pendientes pronunciadas y caudales relativamente bajos. En este proceso, la erosión es máxima ya que el agua baja con mucha energía y forman valles con apariencia de "V" (35).
- El **curso medio**, es la parte del río donde fluye el agua arrastrando aquellos materiales que han sido erosionados. En esta zona son característicos el aumento de los caudales y la formación de cauces (35).
- El **curso bajo**, es la parte del río donde desemboca el agua. En esta zona, la pendiente y la velocidad se reducen además, se van depositando los materiales arrastrados produciendo sedimentos que pueden llegar a formar deltas, cuando tienen forma de abanico o estuarios, cuando tienen forma de un embudo ensanchado (35).

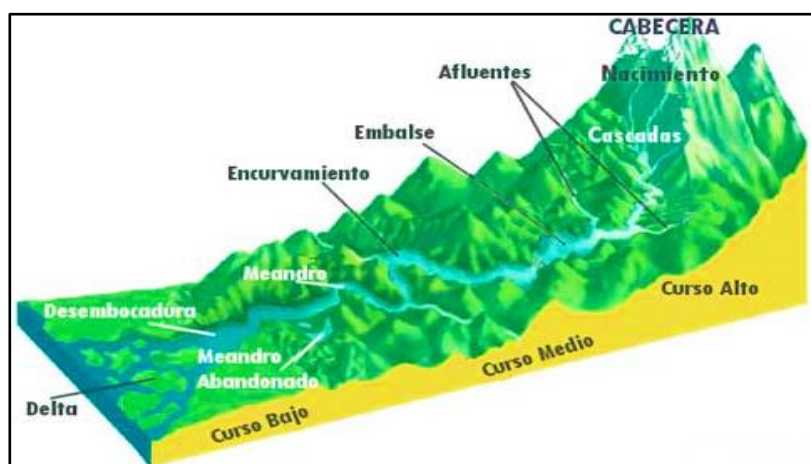
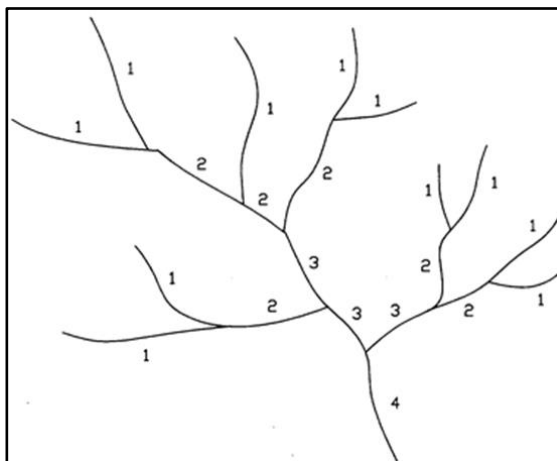


Ilustración 4: Cursos de un río

Fuente: Geografía (35)

### **Ramificación**

Se establece un sistema de clasificación según órdenes. Así, las fuentes primarias son fuentes de agua sin afluentes, las fuentes secundarias son fuentes de agua creadas por la combinación de dos fuentes de agua primarias y así sucesivamente (34).



*Ilustración 5: Ordenes de los ríos*

*Fuente: Al día tutoriales (36)*

### **Contaminación de ríos**

Es aquella alteración que se da en la calidad del agua de un río que lo hace inadecuado para la vida humana y animal causada por el vertimiento de materiales, desechos, elementos, sustancias o productos químicos provenientes de diferentes fuentes.

### **Tipos de contaminantes**

Se atribuye como los mayores contaminantes a (37):

- Contaminación por nutrientes orgánicos, provenientes de campos fertilizados y plantas de tratamiento de lodos residuales e industriales.
- Contaminación por nutrientes inorgánicos, entre estos contaminantes se encuentran el nitrógeno y el fósforo provenientes de fertilizantes inorgánicos y del uso de detergentes.
- Agentes infecciosos, entre estos agentes se encuentran las bacterias, virus, protozoarios patógenos, así como los parásitos provenientes de lodos sin tratamiento o mal tratados, desechos de los animales, empaques de carnes y algunas especies silvestres.



- Compuestos orgánicos tóxicos, en su mayoría no son biodegradables o se degradan lentamente.
- Compuestos inorgánicos tóxicos, comprenden una extensa variedad de metales y sales.
- Sedimentos, relacionados a aquellas partículas que se depositan en el fondo de los sistemas acuáticos.
- Contaminación térmica, que provoca el incremento de temperatura del agua proveniente de plantas de producción de electricidad.

### **2.2.2. Aguas residuales**

Las aguas residuales son aguas residuales vertidas en aglomerados urbanos, originadas por actividades humanas o mezclas de estas sustancias originadas en actividades comerciales, industriales y agrícolas integradas, integradas en el núcleo urbano, así como aguas blancas (38).

#### **Tipos**

- **Aguas residuales domésticas**, Las aguas residuales domésticas están relativamente libres de sustancias nocivas, aunque la presencia de contaminantes es una preocupación cada vez mayor. Incluye algunos medicamentos de uso común que pueden tener efectos duraderos incluso en concentraciones bajas. Asimismo, el rápido crecimiento de la población plantea una serie de desafíos, uno de los cuales es el aparente aumento de la productividad de estas aguas. Este crecimiento también nos permite eliminar las prácticas inadecuadas de gestión del agua y adoptar nuevos enfoques innovadores, como el uso de aguas residuales tratadas y sus subproductos, en otras actividades (18).
- **Aguas residuales industriales**, La toxicidad, la movilidad y las cargas de contaminantes industriales pueden tener consecuencias más graves para los recursos hídricos, la salud humana y el medio ambiente que los grandes volúmenes de aguas residuales en sí. Como primer paso, los niveles de contaminación y toxicidad deben mantenerse lo más bajos posible, primero en el punto de origen, luego desde el diseño hasta el diseño, y durante la operación y el mantenimiento. Esto incluye el uso de materias primas más ecológicas y productos químicos biodegradables, así como la capacitación y educación del personal para abordar los problemas de contaminación. El segundo paso es reciclar la mayor cantidad de agua posible en la planta para minimizar los derrames (18).

Las pequeñas y medianas empresas (PYME) y las industrias informales a menudo descargan sus aguas residuales en los sistemas urbanos o directamente en el medio ambiente. Las industrias que descargan agua en sistemas de aguas superficiales o ciudades deben cumplir con ciertas regulaciones de descarga para evitar multas. Por tanto, en muchos casos es necesario realizar un tratamiento en planta al final del proceso, antes del vertido. Sin embargo, a las industrias a veces les resulta más barato pagar multas que invertir en tratamientos para cumplir con las regulaciones (18).

### **Características**

Tabla 2

*Características de las aguas residuales*

| CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES |                                                        |                                                                                        |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| PARÁMETRO                               | ORIGEN                                                 |                                                                                        |
| Características Físicas                 |                                                        |                                                                                        |
| Sólidos                                 | Abastecimiento, residuos domésticos e industriales     |                                                                                        |
| Temperatura                             | Residuos industriales y domésticos                     |                                                                                        |
| Color                                   | Residuos industriales y domésticos                     |                                                                                        |
| Sabor                                   | Agua residual en descomposición, residuos industriales |                                                                                        |
| Características Químicas                |                                                        |                                                                                        |
| Orgánicas                               | Proteínas                                              | Residuos industriales y domésticos                                                     |
|                                         | Carbohidratos                                          | Residuos domésticos                                                                    |
|                                         | Grasas y Aceites                                       | Residuos industriales y domésticos                                                     |
|                                         | Tensoactivos                                           | Residuos domésticos                                                                    |
|                                         | Fenoles                                                | Residuos industriales                                                                  |
| Inorgánicos                             | pH                                                     | Residuos industriales                                                                  |
|                                         | Cloruros                                               | Suministro de agua doméstica, residuos domésticos e infiltraciones de agua subterránea |
|                                         | Alcalinidad                                            | Suministro de agua doméstica, residuos domésticos e infiltraciones de agua subterránea |
|                                         | Nitrógeno                                              | Suministro de agua doméstica, residuos domésticos e infiltraciones de agua subterránea |
|                                         | Fósforo                                                | Suministro de agua doméstica, residuos domésticos e infiltraciones de agua subterránea |
|                                         | Azufre                                                 | Residuos domésticos                                                                    |
|                                         | Tóxicos                                                | Residuos industriales y domésticos                                                     |
|                                         | Metales pesados                                        | Residuos industriales e infiltraciones de agua subterránea                             |
| Gases                                   | Oxígeno                                                | Suministro de agua doméstica, residuos domésticos e infiltraciones de agua superficial |
|                                         | Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> S)                | Descomposición anaerobia del agua residual                                             |
|                                         | Metano (CH <sub>4</sub> )                              | Descomposición anaerobia del agua residual                                             |
| Características Biológicas              |                                                        |                                                                                        |

|           |                                              |
|-----------|----------------------------------------------|
| Protistas | Residuos domésticos                          |
| Virus     | Residuos domésticos                          |
| Plantas   | Aguas superficiales y plantas de tratamiento |
| Animales  | Aguas superficiales y plantas de tratamiento |

Fuente: Metcalf y Eddy (38)

### **Aspectos técnicos del ciclo de gestión de aguas residuales**

Las aguas residuales son esencialmente 99% de agua y 1% de sólidos disueltos, suspendidos o coloidales. El agua no tratada o tratada inadecuadamente tendrá consecuencias que se consideran en 3 grupos: daño a la salud, impacto ambiental e impacto negativo en las actividades económicas (18).

El propósito de la gestión de aguas residuales es controlar y regular sus distintos caudales, los cuales se dividen en cuatro.

**1. Prevención o reducción de la contaminación de la contaminación en la fuente.** Deben preferirse los métodos de control de la contaminación del agua que se centran en la prevención y minimización de las aguas residuales, con sistemas de tratamiento en etapa final. Estos métodos incluyen prohibir o controlar el uso de ciertos contaminantes para prevenir y controlar su entrada a las corrientes de aguas residuales. Las acciones correctivas para limpiar los sitios contaminados y las vías fluviales suelen ser mucho más costosas que las acciones para prevenir la contaminación en primer lugar (18).

**2. Recolección y tratamiento de aguas residuales.** Los sistemas de tratamiento de aguas residuales continúan siendo el método más común para desinfectar y tratar aguas residuales de fuentes domésticas, comerciales e industriales. En todo el mundo, unas 60 personas están conectadas a un sistema de alcantarillado. Otros sistemas de saneamiento, como los sistemas en el sitio, son más apropiados para áreas rurales y escasamente pobladas, pero pueden ser costosos y difíciles de administrar en áreas urbanas densamente pobladas (18).

En muchos países, los sistemas centralizados de tratamiento de aguas residuales a gran escala ya no serán la opción más viable para la gestión del agua urbana. Ha habido una tendencia creciente hacia sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales, que prestan servicio a instalaciones individuales o pequeños grupos de instalaciones; Esto permite restaurar los nutrientes y la energía, ahorrar agua potable y garantizar el acceso al agua en tiempos de escasez. Se estima que tienen un costo de

instalación del 20 al 50% del valor de las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales, e incluso menores costos de operación y mantenimiento (18).

**3. La utilización de aguas residuales como fuente alternativa de agua.** Las aguas residuales no tratadas o diluidas se han utilizado para el riego durante muchos años. El agua reciclada también sirve como un suministro de agua sostenible y confiable para la industria y las ciudades, especialmente porque cada vez más ciudades dependen de suministros remotos y / o fuentes de agua alternativas para satisfacer la creciente demanda (18).

En general, la reutilización del agua es más eficiente económicamente si el punto de reutilización está cerca del punto de producción. El tratamiento de las aguas residuales a un nivel de calidad de agua adecuado para el usuario aumenta las oportunidades de recuperación de costos. El uso de aguas residuales también es una opción más competitiva porque el precio del agua potable también refleja los costos de oportunidad de su uso y la tasa de contaminación refleja los costos de eliminar los contaminantes de la corriente de aguas residuales (18).

**4. La recuperación de subproductos útiles.** El enorme potencial de las aguas residuales como recurso, como la energía y los nutrientes, permanece sin explotar.

La energía se puede recuperar, por ejemplo, para la generación de electricidad, calefacción y refrigeración. Hoy en día existen tecnologías de valorización energética in situ gracias a los procesos de tratamiento de lodos / biosólidos integrados en plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto les permite pasar de ser grandes consumidores de energía a ser energéticamente neutrales o incluso convertirse en productores netos de energía. La captura de energía también puede ayudar a las instalaciones a reducir tanto sus costos operativos como su huella de carbono, lo que a su vez aumentará los ingresos a través de créditos de carbono y programas de comercio de derechos de emisión de carbono. La recuperación combinada de nutrientes y energía también tiene un gran potencial. La recuperación de energía in situ incluye la incineración de lodos en instalaciones centralizadas mediante procesos de tratamiento térmico (18).

Se ha avanzado mucho en la creación de nuevas tecnologías para recuperar nitrógeno y fósforo de aguas residuales o lodos. La recuperación de fósforo en instalaciones in situ, como fosas sépticas y letrinas, es técnica y económicamente factible mediante la conversión de desechos sépticos en

fertilizantes orgánicos u orgánicos-minerales. Por otro lado, los lodos fecales tienen un riesgo relativamente menor de contaminación química que los sólidos biológicos en las aguas residuales (18).

La recolección y uso de orina puede ser una parte cada vez más importante de la gestión ecológica de las aguas residuales, ya que contiene 88° de nitrógeno y 66° de fósforo que se encuentran en los desechos humanos, dos componentes esenciales para el crecimiento de las plantas. Dado que se espera que las fuentes de fósforo sean escasas o incluso agotadas en las próximas décadas, una alternativa práctica y viable es la posibilidad de recuperarlo en las aguas residuales (18).

### **2.2.3. Calidad del agua**

Desde un punto de vista funcional, se define como la capacidad propia que tiene el agua para responder a los usos que se podrían conseguir de ella. Mientras que, desde un punto de vista ambiental, se entiende como aquellas condiciones que debe de tener el agua para que esta sostenga un ecosistema equilibrado, en términos más simples, se refiere al total de características físicas, químicas y microbiológicas que la determinan (39).

#### **Parámetros del agua**

Para interpretar correctamente los análisis de agua, es fundamental conocer y comprender cuáles son sus parámetros físicos, químicos y biológicos. Asimismo, es fundamental saber cómo pueden cambiar en el contexto de las actividades económicas (40).

#### **Parámetros físicos**

- Sólidos: Son aquellos desechos suspendidos en el agua como plásticos, madera, papel, etc. (41).
- Temperatura: La temperatura del agua es de gran importancia para el desarrollo de los diversos procesos que tienen lugar en ella, por lo que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando los sólidos disueltos y disminuyendo el grado calorífico del gas (41).

Temperatura: Es una medida del nivel de calor de la porción de agua. Este parámetro puede tener una gran influencia en la calidad del agua, ya que determina otras propiedades y procesos que tienen lugar en el agua, como la viscosidad, la solubilidad de gases y sales, procesos biofísicos, etc. Los

organismos provocan cambios en su metabolismo, la proliferación de ciertos microorganismos, etc. (34).

- Color: El color es la capacidad de absorber parte de la radiación del espectro visible. No se puede atribuir a un solo ingrediente, aunque ciertos colores en el agua natural indican la presencia de ciertos contaminantes. El agua pura solo es azul cuando es espesa. Generalmente, representa el color producido por la materia orgánica del suelo vegetal, como el amarillo debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle un color rojo, y la de manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad del agua, puede representar la capacidad colorante de algunos productos cuando se utilizan como materia prima y la capacidad de formar espuma cuando se utilizan en calderas (41).
  - Sabor y olor: El sabor y el olor son determinaciones sensoriales para determinaciones subjetivas sin instrumentos visuales, sin registros, sin unidades de medida. Están claramente interesados en beber agua destinada al consumo humano, ya que estas características son el principal motivo de rechazo del consumidor. Se pueden considerar cuatro sabores básicos en el agua: ácido, salado, dulce y amargo. El sabor se determina mediante diluciones sucesivas de la muestra de cebado con agua inodora ( $T^a$  0 °C) hasta indetectable (umbral perceptivo), que es una prueba muy subjetiva y con poca reproducibilidad. Las muestras deben almacenarse en recipientes de vidrio durante un máximo de 6 horas a 25 °C (41).
- Eléctrica: La conductividad se define como la capacidad de una sustancia para conducir una corriente eléctrica, y por lo tanto es lo opuesto a la resistencia. Es una variable que depende de la cantidad de sal disuelta en el líquido (40).

### **Parámetros químicos**

- pH: La medición del pH puede representar la fuerza de la acidez, basicidad o alcalinidad. El pH no indica la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos en el agua, sino su fuerza (40).
- Oxígeno disuelto: Esta es una medida de la concentración de oxígeno en el agua, utilizando como referencia la saturación de oxígeno del 100 % en el aire.

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua tiene una gran influencia en el desarrollo de la vida y de muchos procesos que ocurren en el medio acuático. Los organismos vivos necesitan oxígeno para mantener el

metabolismo, y su absorción se realiza a través de la respiración. Por esta razón, el oxígeno siempre ha sido una medida esencial en los estudios de calidad del agua (34).

- Metales pesados: Son múltiples compuestos químicos disueltos en el agua que son de origen industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración. Algunos de ellos son aluminio, mercurio, plomo, hierro, cobre, etc. (42).

### **Parámetros biológicos**

- Coliformes Totales: Se utiliza para determinar la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Coliformes Termotolerantes: Tienen un origen específicamente fecal, provienen de las heces de los seres vivos de sangre caliente y se encuentran en grandes cantidades.
- DQO: La demanda química de oxígeno es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido, en condiciones preestablecidas, por la oxidación química de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua. Se utilizan varios agentes oxidantes, como el dicromato de potasio o el permanganato de potasio. Esta prueba permite medir la cantidad de compuestos orgánicos, sales minerales fácilmente oxidantes (como los sulfuros), sean biodegradables o no (34).
- DBO: La demanda biológica de oxígeno mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido, en condiciones preestablecidas, por la oxidación de microorganismos orgánicos presentes en el agua. Existen diferentes condiciones preestablecidas para la determinación de este parámetro, pero la más común es la DBO<sub>5</sub>, que utiliza un período de incubación de cinco días. Este proceso se realiza en la oscuridad para evitar los efectos de los productores primarios, ya que con la fotosíntesis producen oxígeno, que inicialmente es inexistente, lo que alterará los resultados (34).

#### **2.2.4. Marco Legal**

##### **Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales, R.J. 056-2018-ANA**

El río Mantaro se encuentra clasificado con la Categoría 1-A2, Categoría 3 y Categoría 4 en diferentes unidades hidrográficas; por lo cual se realizarán la comparación respectiva con los ECA-Agua de D.S. N°004-2017-

MINAM, para fines de evaluación de los resultados de la calidad de sus aguas. La cuenca del Mantaro tiene Código N.º 4996 (43).

Tabla 3

*Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales*

| CURSOS DE AGUA |              |             |                    | UNIDADES GEOGRÁFICAS |           |                |
|----------------|--------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------|----------------|
| Nº             | Código curso | Nombre      | Categoría          | Longitud (Km)        | Código UH | Nombre         |
| 938            | 4996         | Río Mantaro | Cat. 1-A2, A3 y A4 | 735                  | 4996      | Cuenca Mantaro |

*Fuente: Elaboración propia*

### **Estándares de Calidad Ambiental, ECA – Decreto Supremo N° 0004 – 2017 – MINAM**

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Se definen como concentraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua en un estado receptor que no representan un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente. ECA es un requisito en el diseño de legislación, políticas públicas y en el diseño e implementación de todas las herramientas de gestión ambiental (44).

#### **2.2.5. Efluentes**

Son aquellas aguas residuales con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son enviados por las casas o industrias, generalmente a los cuerpos de agua; o que se integran a estas por la escorrentía de los terrenos causados por las precipitaciones. Esto provoca una reducción de la calidad del agua (45).

Estudios presentados por la FAO, muestran que cada año se retiran a nivel global más de 3.900 km<sup>3</sup> de agua dulce. Del total, un 44 % es usado por la agricultura y el 56 % restante se expande al medio ambiente en aguas residuales en forma de efluentes municipales, industriales y agua de drenaje agrícola (46).

Los productos tóxico presentes en los efluentes son muy diversos, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los produce. Los residuos que contienen los efluentes pueden ser de origen químico y/o biológico (45).

Existen principales componentes de acuerdo a su origen son:

- Industria metalúrgica: Transformación y tratamiento de metales tales como cobre, níquel, plomo, zinc, cromo, cobalto, cadmio; ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico, detergentes.



- Industria petroquímica: hidrocarburos, plomo, mercurio, aceites, derivados fenólicos y nafténicos, residuos semisólidos.
- Industrias textiles: sulfuros, anilinas, ácidos, hidrocarburos, detergentes.
- Instalaciones sanitarias: microorganismos, jabones, detergentes (45)(47).

### **Crecimiento demográfico y el vertimiento de efluentes**

El crecimiento demográfico influye mucho en la contaminación de ríos y lagos, por la actividad agrícola, puesto que estas actividades presentan plaguicida e insecticidas que al llover se infiltran al subsuelo y así llegan a los ríos; el servicio de desagüe y alcantarillado, cuando son zonas o pueblos que recién están siendo poblados este sistema no llega a zonas alejadas; las explotaciones petrolíferas y las mineras localizadas a lo largo de los ríos también afectan.

#### **2.2.6. Pruebas estadísticas para dos o más muestras independientes**

| Muestra                        | Prueba paramétrica | Prueba no paramétrica |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------|
| <i>Muestras relacionadas</i>   |                    |                       |
| 2 muestras                     | t-Student          | Wilcoxon              |
| > 2 muestras                   | ANOVA              | Friedman              |
| <i>Muestras independientes</i> |                    |                       |
| 2 muestras                     | t-Student          | U de Mann-Whitney     |
| > 2 muestras                   | ANOVA              | Kruskal-Wallis        |

*Ilustración 6: Pruebas estadísticas*  
Fuente: William Waster (48)

### **PRUEBA T**

Es un test paramétrico que permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de dos poblaciones son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que no lo son (49).

Para que los resultados sean válidos, es necesario que se cumplan ciertas condiciones como:

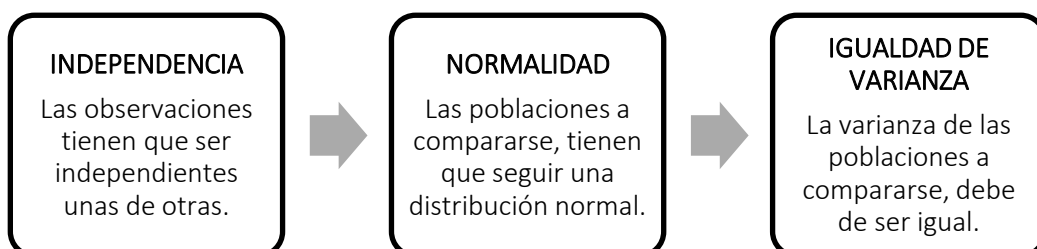


Ilustración 7: Condiciones para la prueba T

Fuente: Joaquín Amat (49)

**MANN WHITNEY - WILCOXON**

Es un test no paramétrico que se utiliza para comparar dos medias muestrales que provienen de la misma población, así como para probar si dos medias muestrales son iguales o no (50).

Para que los datos sean analizados con esta prueba, es necesario que se cumplan ciertas características como:



Ilustración 8: Condiciones para la Mann Whitney

Fuente: QuestionPro (50)

**ANOVA**

Prueba paramétrica, que se utiliza para comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de diferentes grupos. Una variedad de contextos lo utilizan para determinar si existe alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos (51).

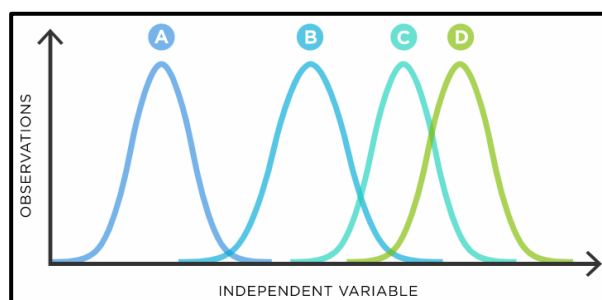


Ilustración 9: Prueba ANOVA

Fuente: Minitab (51)

La hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales; mientras que, la hipótesis alterna establece que al menos una de las medias es diferente. Para ejecutar un ANOVA, se debe tener una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores (52).

## KRUSKAL WALLIS

Prueba no paramétrica, para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos permite contrastar si es estadísticamente significativa la relación entre una variable categórica y una variable cuantitativa/ordinal, independientemente del número de modalidades que tenga la variable categórica (53).

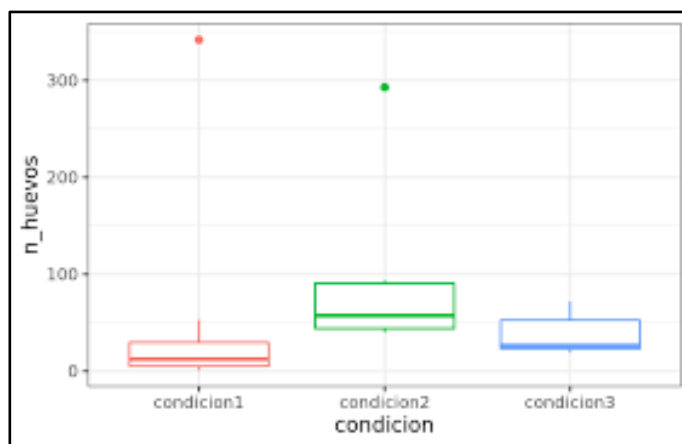


Ilustración 10: Prueba KRUSKAL WALLIS

Fuente: Estamática (54)

### 2.2.7. Recursos estadísticos

Los siguientes software facilitan realizar un mejor análisis (55):

- R - Permite estudiar correlaciones, ajustar modelos, generar gráficos 3D de alta calidad, aplicar árboles de decisión, realizar análisis de clúster, análisis de componentes principales, generar redes neuronales predictivas, etc. (56).
- SAS - Por sus siglas Statistical Analysis Software, analiza cualquier tipo y tamaño de datos utilizando las últimas técnicas estadísticas. SAS / STAT incluye técnicas de precisión para pequeños conjuntos de datos, herramientas de modelado estadístico de alto rendimiento para tareas de big data y métodos de vanguardia para analizar datos valiosos que faltan. Y dado que el software se actualiza periódicamente, se beneficiará del uso de los métodos más recientes en el campo de la estadística en rápida expansión (57).
- SPSS - Son las siglas de Statistical Products and Services Solutions, un formato proporcionado por IBM para un análisis completo. SPSS

es un software popular entre los usuarios de Windows, se utiliza para capturar y analizar datos para crear tablas y gráficos con datos complejos. Es conocido por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y puede realizar análisis de texto entre otros formatos (58).

- Stata - Le permite importar y exportar diferentes tipos de archivos, crear, combinar y transformar conjuntos de datos, administrar variables y recopilar estadísticas entre grupos o réplicas. Puede trabajar con diferentes tipos de variables y también tiene una hoja de cálculo incorporada. Stata también cuenta con herramientas avanzadas para la gestión de datos especializados, como datos de persistencia, datos de tablero, datos de varios niveles, datos de encuestas, datos de varias pasadas, datos categóricos y datos por series de tiempo (59).
- Minitab - Herramienta estadística de fácil manejo, muy enfocada a los análisis básicos y avanzados de datos. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos (60).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- Agua subterránea: Se entiende por agua subterránea los cuerpos de agua ubicados debajo de la superficie del suelo. También se les conoce como el manto del acuífero.
- Agua superficial: El agua superficial es el agua que circula por la superficie de la tierra. El agua superficial se genera por la escorrentía generada por la lluvia o por el aumento del agua subterránea.
- Aguas abajo: Para una sección transversal de una fuente de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se encuentra detrás de la sección en consideración, avanzando en la dirección de la corriente.
- Aguas arriba: En comparación con una parte del curso de agua, se dice que un punto está aguas arriba si está antes de la parte considerada.
- Aguas lólicas: Los cuerpos de agua se mueven en la misma dirección.
- ANA: Autoridad Nacional del Agua.
- AAA: Autoridad Administrativa del Agua.
- Cabeceras de Cuenca: Partes más altas de una cuenca que reciben agua por lluvia, nieve, neblina, glaciación.

- Caudal: Es la cantidad de agua que pasa por una superficie en un tiempo determinado.
- Cuenca: Territorio cuyas aguas fluyen hacia un mismo río.
- Desembocadura: Donde un arroyo desemboca en otro, un mar o un lago.
- Diatomeas: Grupo de algas unicelulares que constituyen el fitoplancton.
- DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental.
- ECA: Estándares de Calidad Ambiental.
- Enfoque Eco-sistémico: Es una estrategia para tener un manejo integrado de todos los recursos naturales y recursos vivos.
- Espectrofotometría: Es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución.
- ICA: Índice de Calidad del Agua.
- ICARHS: Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales.
- Ingestión: Acción de ingerir.
- LPM: Límites Máximos Permisibles.
- Metales pesados: Solo elementos químicos muy peligrosos para salud y son difíciles de ser degradados química y biológicamente.
- Minería ilegal: Es una actividad que se desarrolla en áreas prohibidas como costas, lagunas, fuentes de captación y zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas.
- Minería informal: Incluye a los operadores que aún no han iniciado el proceso de formalización, respetando las distintas etapas prescritas por el Estado.
- ODS: Objetivo de Desarrollo Sostenible.
- PYMES: Empresa pequeña o mediana en cuanto a volumen de ingresos, valor del patrimonio y número de trabajadores.
- SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado.
- Vertimiento: Es la descarga final a cuerpos de agua provenientes especialmente de instalaciones industriales y domésticas.
- ONU: Organización de las Naciones Unidas.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método científico se puede entender como una secuencia lógica de procedimientos que se utilizan para resolver problemas de investigación, por medio de la verificación de hipótesis a través del empleo instrumentos de investigación.

##### **3.1.1. Método general de la investigación**

En esta investigación se describe el método Hipotético-Deductivo, método que se basa en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones a un problema propuesto y en comprobar con los datos disponibles, si estos se ajustan a las hipótesis al final de la investigación (61), por lo que en la presente investigación, se plantea como hipótesis general que las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional. Esta hipótesis será contrastada con el procesamiento estadístico de los datos de los monitoreos realizados en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019.

#### **3.2. Alcance de la investigación**

##### **3.2.1. Tipo de investigación**

Aplicada, es el tipo de investigación que busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad (61). Tipo que se desarrolla en la presente investigación, dado que se dará a conocer la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 al 2015 - 2019.

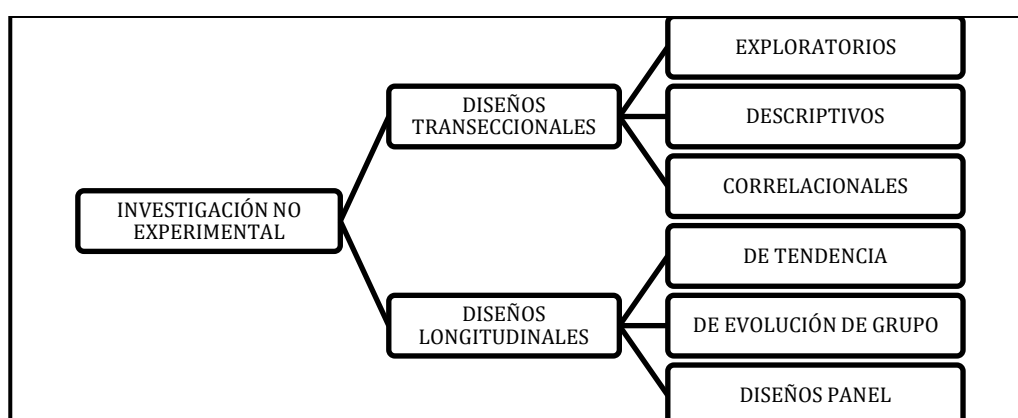
##### **3.2.2. Nivel de investigación**

Explicativo – Correlacional; Explicativo por ser un nivel de investigación que va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos. Tiene como propósito explicar el por qué ocurre un suceso y en qué condiciones se da, ya que busca contestar por las causas que ocasionan determinados hechos físicos o sociales (62). Nivel que se ajusta a la presente investigación, en vista de que se explicará la influencia que tienen las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019 con la ayuda de los resultados obtenidos de los monitoreos. Correlacional, por ser un nivel de

investigación que tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular (62), este nivel permitirá identificar si existe o no relación entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años.

### 3.3. Diseño de la investigación

Según Sampieri en el diseño no experimental, no se manipula intencionalmente las variables de estudio, más bien, se refiere a estudios donde no se hacen variar adrede las variables independientes para ver su efecto en las variables dependientes. Lo que se hace en la investigación no experimental, es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlo (63). Por lo que no cabe duda que la presente investigación es no experimental, ya que la variable de aguas residuales, no será manipulada para ver su efecto en la variable de calidad del agua del río Mantaro.



*Ilustración 11: Tipos de diseño no experimental*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 3.3.1. Tipo de diseño de la investigación

Según Sampieri en el diseño longitudinal se recaban datos en diferentes puntos del tiempo para realizar inferencias referentes al cambio, sus causas y sus consecuencias que es a donde se dirige la presente investigación.

De una forma más específica, en el diseño longitudinal se encuentra el diseño longitudinal de tendencia que es aquel que analiza cambios a través del tiempo sea en categorías, conceptos, variables o sus relaciones dentro de alguna población en general, en definitiva, con el transcurso de los años se contará con la misma población pero no con la misma muestra (62). En este sentido, la presente investigación se basará en el análisis de los datos recolectados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos que han ido

variando en el tiempo en la cuenca del río Mantaro desde el 2004 – 2008 y 2015 – 2019.

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

En esta investigación la población está constituida por las aguas residuales de la cuenca del río Mantaro, aguas que son el producto de los vertimientos industriales y vertimientos domésticos, generadas por los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho. Se toma en cuenta los puntos de monitoreo realizados por la DIGESA del año 2004 al 2008 y por la ANA del año 2015 al 2019 empezando por el punto 360 245 Este y 8 792 188 Norte hasta el punto 485 793 Este y 8 637 107 Norte.

#### **3.4.2. Muestra**

Para determinar la muestra se debe de tener en cuenta que la porción sea representativa de la población en estudio. En tal sentido, en esta investigación la muestra la constituye las aguas residuales obtenidas en los 30 puntos de muestreo representativas para cada año, que se son homogéneos en todos los años, en consecuencia, se tomaron 300 muestras de monitoreo en los años 2004 al 2008 y 2015 al 2019 iniciando en el punto 360 245 Este y 8 792 188 Norte en la región Pasco hasta el punto 473408 Este y 8656431 en la región Junín.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnica**

Documentación que consiste en la identificación, recogida y análisis de documentos relacionados con el hecho o contexto de estudio es decir que comprende la búsqueda de información que se ha escrito en la comunidad científica sobre un tema determinado o problema sea trabajos escritos, gráficos, etc. (64) En la actual investigación, esta técnica nos permitirá recopilar la mayor cantidad de información posible acudiendo diversas fuentes.

#### **3.5.2. Instrumento**

Ficha de recolección de datos para cada parámetro.



Tabla 4  
Ficha de recolección de datos

| Parámetro | Puntos | Estaciones | Este | Norte | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----------|--------|------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           |        |            |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|           |        |            |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|           |        |            |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|           |        |            |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|           |        |            |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de la información

##### 4.1.1. Contexto

##### Aguas residuales

##### **Vertimientos industriales mineros**

La compañía minera que más impacto ocasionó en el río Mantaro fue Doe Run Perú, compañía que dio fin sus operaciones después de la compra de la unidad minera Complejo Metalúrgico La Oroya (CMLO), procesando Cobre, Plomo y Zinc, además de producir 20 productos entre metales y subproductos. En esta unidad minera hubo pasivos ambientales, por lo cual en junio del 2009 Doe Run comunicó el 100% de sus operaciones quedarían temporalmente paralizadas. Y en agosto, la empresa se sometió en un proceso de reestructuración de sus pasivos ante Indecopi (65).



*Ilustración 12: Vertimientos industriales mineros*

*Fuente: Identificación de fuentes de contaminación en la cuenca del río Mantaro*

##### **Vertimientos domésticos**

Los vertimientos residuales domésticos corresponden a la población más cercana a las márgenes de los ríos priorizados del río Mantaro, lo cual es un pasivo ambiental. En el tramo del río Mantaro pocas o nulas localidades tienen plantas de tratamiento de aguas residuales, lo cual son desechado sin un previo tratamiento al río Mantaro (66).

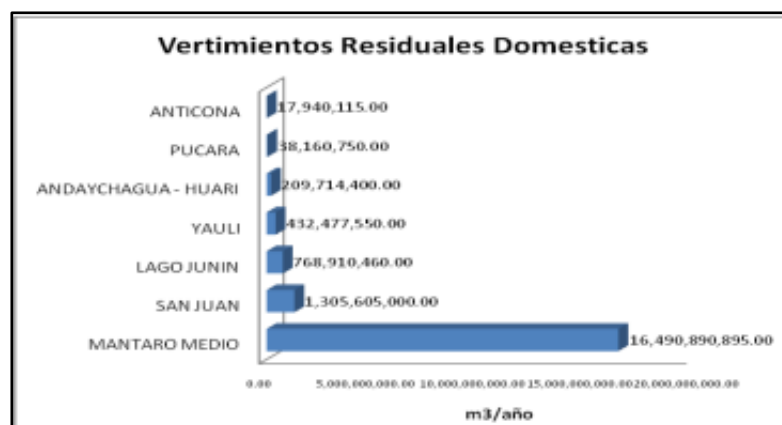


Ilustración 13: Vertimiento residuales domésticas

Fuente: Identificación de fuentes de contaminación en la cuenca del río Mantaro

### **Crecimiento poblacional**

El aumento de la población esta medida por la tasa de crecimiento anual, lo cual muestra que el departamento de Junín ha presentado un crecimiento promedio anual para el período 1993-2008 de 1,1%, lo cual confirma la tendencia decreciente que se observó en los 46 años. Mientras que para los últimos años restantes hasta la actualizad se ha incrementado esto debido a la migración de personas hacia el departamento de Junín (67).

Tabla 5

Ficha de recolección de datos

| AÑOS | PASCO  | JUNÍN   |
|------|--------|---------|
| 2004 | 277491 | 1243455 |
| 2005 | 280061 | 1253996 |
| 2006 | 282660 | 1264050 |
| 2007 | 280449 | 1225474 |
| 2008 | 187913 | 1283003 |
| 2015 | 304158 | 1350783 |
| 2016 | 306576 | 1360382 |
| 2017 | 254065 | 1246038 |
| 2018 | 271704 | 1335139 |
| 2019 | 272157 | 1350021 |

Fuente: INEI

### **Población que no cuenta con desagüe**

Tabla 6

Ficha de recolección de datos

| AÑOS | PASCO  | JUNÍN  |
|------|--------|--------|
| 2004 | 151788 | 420288 |
| 2005 | 130788 | 378707 |
| 2006 | 171292 | 357726 |
| 2007 | 141627 | 379897 |
| 2008 | 108802 | 377203 |
| 2015 | 140825 | 584889 |
| 2016 | 128149 | 567279 |
| 2017 | 94004  | 500907 |
| 2018 | 98085  | 515364 |
| 2019 | 97160  | 476557 |

Fuente: INEI

### **Actividades productivas que se desarrollan en la cuenca del río Mantaro**

#### **Agricultura**

Actividad que se desarrolla en aproximadamente 339,065 ha. de tierras aptas para la agricultura, en el cual un 29% se encuentra bajo riego y un 71% es seco. Además, en esta actividad se distingue claramente tres zonas de la cuenca. La zona sur, en la que se ubica la gran cantidad de tierras agrícolas con 182,360.4 ha., ya que es el 54% de la cuenca (72% en seco y 18% bajo riego), las mismas que se dedican a la producción de tuna, papa, cebada, olluco y oca. La zona central, que posee con 95,643 ha., que representan el 28% de la cuenca (71% en seco y 29% bajo riego) con siembra importantes como la papa, maíz, zanahoria, cebada, alfalfa, alcachofa. La zona norte que posee aproximadamente con 60,862.6 ha. de tierras agrícolas (33% bajo riego y 67% en seco), dedicadas a la siembra de maca, avena forrajera, papa, cebada, olluco y oca (68).

#### **Ganadería**

En la cuenca media del río Mantaro la crianza de animales sobresaliente es el ganado ovino, que representa el 60% de la población pecuaria, seguido del vacuno, porcino, y camélidos; en orden de importancia. Los sistemas usados son el extensivo, en áreas de pastos naturales (ovinos y camélidos) y semiextensivo principalmente en piso de valle (vacunos). Cabe señalar que en la zona de la cuenca alta del río Mantaro, como la zona de Huancavelica, Pasco, Ayacucho y Junín, se encuentran principalmente los camélidos (68).

**Piscicultura**

El centro piscícola de Ingenio se ha especializado en la crianza de la trucha asalmonada, también conocida como Arco Iris. Dicho centro posee con 75 pozas que son irrigadas por el río Chiapuquio. Asimismo, otras piscigranjas en la cuenca del río Mantaro se ubican en la mayoría de los ríos tributarios que están extensas de la contaminación sobre todo en las partes más altas y aguas arriba de centros poblados, entre ellas son: Río Achamayo; Río Shullcas; Río Ichu; Río Palca; Río Vilca; Río Huari; Río Vilca; Río Occo (68).

**Actividad energética**

ELECTROPERÚ S.A. tiene a cargo el complejo Hidroeléctrico Mantaro que es el principal centro de generación eléctrica del país suministrando un total de 34,3% de la demanda del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y cuya generación equivale al 31% de la demanda nacional, según estadística del año 2003 (68).

**Minería**

No cabe duda que la actividad minera es intensa ya que en la cuenca alta del río Mantaro se da la explotación de oro, plata, cobre y zinc. Cabe mencionar que las principales áreas mineras de la cuenca del Mantaro están ubicadas cerca de los afluentes del río, desde la ciudad de Cerro de Pasco (ubicada cerca al río San Juan, en la parte septentrional del área de estudio) hasta la mina Cobriza (ubicada muy cerca del río Mantaro, al sureste), a distancia lineal de aproximadamente 300 Km (68).

#### 4.1.2. Monitoreos realizados en el 2004 al 2008 y en el 2015 al 2019 en la cuenca del río Mantaro

##### Estaciones

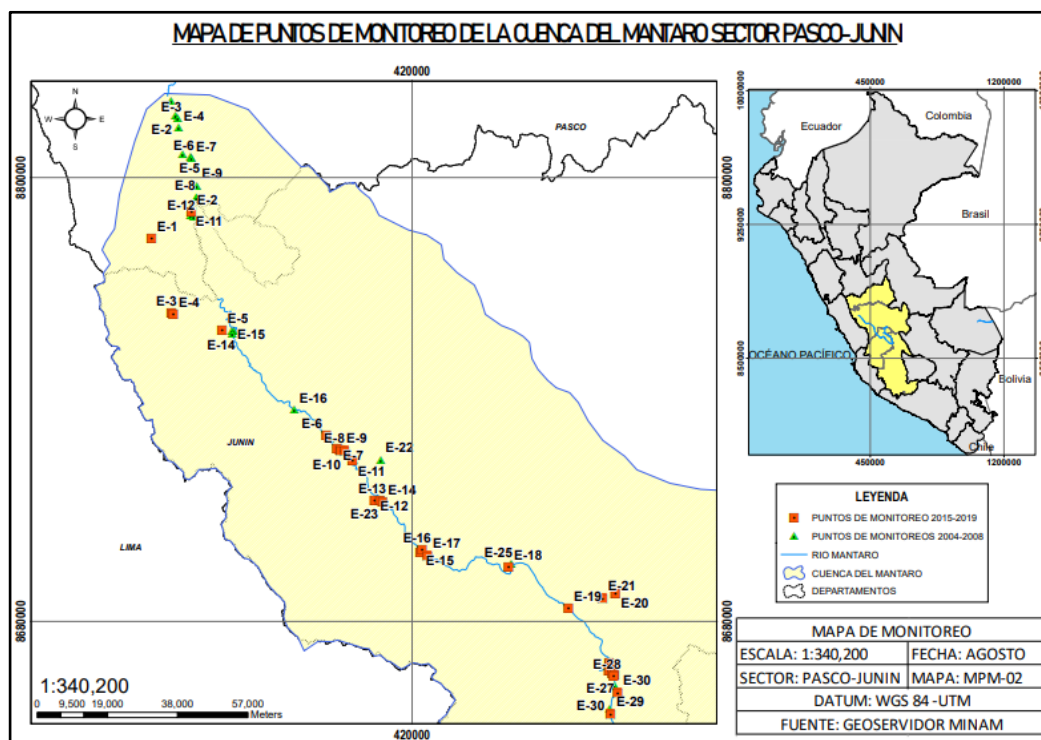


Ilustración 14: Prueba Mapa puntos de monitoreo

Fuente: Elaboración propia. Detalles en Anexos (Ver Ilustración 34,35, 36 y 37)

Los puntos de monitoreo que se tomaron en cuenta variaron de acuerdo a la entidad responsable de los monitoreos realizados. Como DIGESA para los años 2004 - 2008 y AAA Mantaro para los años 2015 – 2019. Aquellos puntos de color verde corresponden al periodo 2004-2008 y las de color naranja pertenecen al periodo 2015-2019.

Tabla 7  
Coordenadas de las estaciones de monitoreos

| Puntos | Código | ESTACIONES DIGESA |         | ESTACIONES AAA MANTARO |         |
|--------|--------|-------------------|---------|------------------------|---------|
|        |        | Este              | Norte   | Este                   | Norte   |
| 1      | E-1    | 354746            | 8820523 | 349514                 | 8783404 |
| 2      | E-2    | 356056            | 8816633 | 360339                 | 8790749 |
| 3      | E-3    | 356619            | 8815857 | 354936                 | 8763496 |
| 4      | E-4    | 356866            | 8813321 | 355387                 | 8763060 |
| 5      | E-5    | 357882            | 8806298 | 368552                 | 8758817 |
| 6      | E-6    | 360023            | 8805430 | 396794                 | 8730179 |
| 7      | E-7    | 360280            | 8805265 | 399732                 | 8726794 |
| 8      | E-8    | 361580            | 8794616 | 400541                 | 8726329 |
| 9      | E-9    | 361793            | 8797794 | 400763                 | 8726171 |
| 10     | E-10   | 360200            | 8792035 | 401694                 | 8726176 |
| 11     | E-11   | 360095            | 8789920 | 403875                 | 8723412 |
| 12     | E-12   | 360890            | 8789296 | 409884                 | 8712719 |
| 13     | E-13   | 371865            | 8758310 | 411326                 | 8712596 |
| 14     | E-14   | 371170            | 8758374 | 412036                 | 8712352 |
| 15     | E-15   | 371403            | 8757584 | 422221                 | 8698584 |
| 16     | E-16   | 388188            | 8737248 | 422743                 | 8699253 |
| 17     | E-17   | 397726            | 8729438 | 424126                 | 8697736 |
| 18     | E-18   | 400770            | 8726687 | 446138                 | 8694663 |
| 19     | E-19   | 401011            | 8726513 | 462249                 | 8683417 |
| 20     | E-20   | 401484            | 8726590 | 474953                 | 8687472 |
| 21     | E-21   | 404098            | 8723755 | 471466                 | 8686235 |
| 22     | E-22   | 411509            | 8723755 | 473317                 | 8668786 |
| 23     | E-23   | 411395            | 8712820 | 473392                 | 8668219 |
| 24     | E-24   | 412282            | 8712733 | 473876                 | 8667477 |
| 25     | E-25   | 446796            | 8695583 | 473160                 | 8666503 |
| 26     | E-26   | 474061            | 8668041 | 474174                 | 8665853 |
| 27     | E-27   | 473854            | 8667680 | 474738                 | 8665687 |
| 28     | E-28   | 474109            | 8666155 | 474512                 | 8665141 |
| 29     | E-29   | 474808            | 8662641 | 473733                 | 8654953 |
| 30     | E-30   | 473408            | 8656431 | 475554                 | 8660714 |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

La tabla N°7 describe la ubicación de los puntos de las estaciones de muestreo identificadas con sus respectivos códigos.

### **Parámetros**

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos de las concentraciones de Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Coliformes Termotolerantes.

**CADMIO**



## COBRE

Tabla 9  
Resultados de los monitoreos en Cobre

| Cobre |       |       |       |       |        |        |               |        |        |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2015   | 2016   | 2017          | 2018   | 2019   |
| 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.0100 | 0.0060 | 0.0087        | 0.0030 | 0.0022 |
| 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.0760 | 0.0250 | 0.0878        | 0.0036 | 0.0164 |
| 0.899 | 0.706 | 1.133 | 1.275 | 0.707 | 0.0020 | 0.0060 | 0.0011        | 0.0000 | 0.1788 |
| 0.485 | 0.454 | 0.454 | 0.768 | 0.486 | 0.0030 | 0.0160 | 0.0904        | 0.0694 | 0.0010 |
| 0.794 | 0.054 | 0.575 | 0.241 | 0.042 | 0.0330 | 0.0020 | 0.0267        | 0.0051 | 0.0075 |
| 0.495 | 0.047 | 0.404 | 0.116 | 0.190 | 0.0080 | 0.0100 | 0.0178        | 0.0109 | 0.0059 |
| 1.523 | 1.031 | 2.077 | 1.352 | 0.526 | 0.0080 | 0.0050 | 0.0133        | 0.0113 | 0.0056 |
| 0.599 | 0.067 | 0.482 | 0.173 | 0.341 | 0.0090 | 0.0060 | 0.0204        | 0.0117 | 0.0091 |
| 0.176 | 0.093 | 0.384 | 0.237 | 0.260 | 0.0140 | 0.0050 | 0.0172        | 0.0058 | 0.0072 |
| 0.005 | 0.005 | 0.054 | 0.036 | 0.069 | 0.0130 | 0.0060 | 0.0185        | 0.0124 | 0.0104 |
| 0.034 | 0.005 | 0.141 | 0.073 | 0.035 | 0.0130 | 0.0060 | 0.0201        | 0.0150 | 0.0077 |
| 0.009 | 0.005 | 0.049 | 0.036 | 0.085 | 0.0030 | 0.0050 | <b>0.0161</b> | 0.0020 | 0.0173 |
| 0.005 | 0.005 | 0.062 | 0.023 | 0.049 | 0.0110 | 0.0220 | 0.0175        | 0.0132 | 0.0109 |
| 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.005 | 0.0070 | 0.0070 | 0.0192        | 0.0107 | 0.0168 |
| 0.005 | 0.005 | 0.072 | 0.030 | 0.049 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0007        | 0.0011 | 0.0005 |
| 0.005 | 0.005 | 0.029 | 0.019 | 0.018 | 0.0090 | 0.0070 | 0.0207        | 0.0248 | 0.0142 |
| 0.053 | 0.005 | 0.018 | 0.016 | 0.017 | 0.0160 | 0.0060 | 0.0067        | 0.0045 | 0.0046 |
| 0.083 | 0.206 | 0.029 | 0.098 | 0.052 | 0.0070 | 0.0090 | 0.0232        | 0.0292 | 0.0091 |
| 0.358 | 0.041 | 0.076 | 0.067 | 0.089 | 0.0020 | 0.0110 | 0.0224        | 0.0085 | 0.0110 |
| 0.075 | 0.100 | 0.027 | 0.047 | 0.005 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0000        | 0.0000 | 0.0003 |
| 0.168 | 1.131 | 0.489 | 0.040 | 0.040 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0008        | 0.0000 | 0.0003 |
| 0.240 | 0.066 | 0.050 | 0.037 | 0.034 | 0.0180 | 0.0070 | 0.0151        | 0.0062 | 0.0123 |
| 0.013 | 0.005 | 0.016 | 0.005 | 0.005 | 0.0210 | 0.0070 | 0.0125        | 0.0080 | 0.0088 |
| 0.208 | 0.071 | 0.050 | 0.036 | 0.026 | 0.0210 | 0.0060 | 0.0115        | 0.0106 | 0.0083 |
| 0.563 | 0.034 | 0.040 | 0.031 | 0.032 | 0.0020 | 0.0020 | 0.0007        | 0.0000 | 0.0005 |
| 0.140 | 0.171 | 0.056 | 0.047 | 0.049 | 0.0150 | 0.0060 | 0.0145        | 0.0090 | 0.0081 |
| 0.135 | 0.081 | 0.025 | 0.031 | 0.066 | 0.0110 | 0.0160 | 0.0171        | 0.0160 | 0.0210 |
| 0.123 | 0.021 | 0.023 | 0.021 | 0.061 | 0.0400 | 0.0060 | 0.0125        | 0.0077 | 0.0103 |
| 0.100 | 0.019 | 0.039 | 0.019 | 0.068 | 0.0320 | 0.0090 | 0.0146        | 0.0206 | 0.0202 |
| 0.110 | 0.024 | 0.030 | 0.022 | 0.062 | 0.0050 | 0.0020 | 0.0012        | 0.0006 | 0.0016 |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## PLOMO

Tabla 10  
Resultados de los monitoreos en Plomo

| Plomo |       |       |       |       |        |        |               |        |        |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2015   | 2016   | 2017          | 2018   | 2019   |
| 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.0300 | 0.0200 | 0.0075        | 0.0043 | 0.0010 |
| 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.0180 | 0.0220 | 0.0181        | 0.0004 | 0.0167 |
| 0.485 | 1.724 | 0.727 | 4.544 | 0.530 | 0.0010 | 0.0080 | 0.0004        | 0.0002 | 0.0248 |
| 0.078 | 0.508 | 0.628 | 0.500 | 0.049 | 0.0050 | 0.0110 | 0.0157        | 0.0145 | 0.0007 |
| 0.025 | 0.070 | 0.268 | 0.025 | 0.025 | 0.0230 | 0.0010 | 0.0161        | 0.0025 | 0.0007 |
| 0.025 | 0.047 | 0.254 | 0.025 | 0.055 | 0.0010 | 0.0020 | 0.0028        | 0.0097 | 0.0035 |
| 0.805 | 0.114 | 0.223 | 0.113 | 0.201 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0024        | 0.0100 | 0.0029 |
| 0.025 | 0.049 | 0.273 | 0.034 | 0.082 | 0.0020 | 0.0010 | 0.0105        | 0.0091 | 0.0025 |
| 0.025 | 0.093 | 0.690 | 0.158 | 0.074 | 0.0260 | 0.0010 | 0.0133        | 0.0054 | 0.0057 |
| 0.025 | 0.029 | 0.006 | 0.025 | 0.025 | 0.0050 | 0.0010 | 0.0049        | 0.0086 | 0.0025 |
| 0.078 | 0.028 | 0.567 | 0.147 | 0.048 | 0.0080 | 0.0010 | 0.0058        | 0.0135 | 0.0034 |
| 0.049 | 0.043 | 0.070 | 0.025 | 0.025 | 0.0040 | 0.0010 | <b>0.0094</b> | 0.0058 | 0.0717 |
| 0.025 | 0.025 | 0.077 | 0.025 | 0.030 | 0.0080 | 0.0070 | 0.0049        | 0.0095 | 0.0034 |
| 0.025 | 0.025 | 0.030 | 0.025 | 0.025 | 0.0060 | 0.0010 | 0.0078        | 0.0072 | 0.0105 |
| 0.025 | 0.032 | 0.079 | 0.029 | 0.025 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0007        | 0.0012 | 0.0004 |
| 0.025 | 0.025 | 0.037 | 0.025 | 0.025 | 0.0050 | 0.0010 | 0.0094        | 0.0243 | 0.0115 |
| 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.0030 | 0.0010 | 0.0064        | 0.0036 | 0.0040 |
| 0.050 | 0.025 | 0.030 | 0.033 | 0.025 | 0.0080 | 0.0010 | 0.0141        | 0.0281 | 0.0073 |
| 2.375 | 0.075 | 0.103 | 0.028 | 0.059 | 0.0090 | 0.0110 | 0.0220        | 0.0076 | 0.0179 |
| 0.325 | 0.025 | 0.042 | 0.025 | 0.025 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0002        | 0.0002 | 0.0002 |
| 0.200 | 0.273 | 0.855 | 0.025 | 0.025 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0006        | 0.0002 | 0.0002 |
| 0.200 | 0.135 | 0.091 | 0.025 | 0.025 | 0.0350 | 0.0110 | 0.0171        | 0.0080 | 0.0253 |
| 0.025 | 0.025 | 0.064 | 0.025 | 0.025 | 0.0430 | 0.0080 | 0.0117        | 0.0122 | 0.0199 |
| 0.200 | 0.106 | 0.080 | 0.025 | 0.025 | 0.0430 | 0.0080 | 0.0114        | 0.0163 | 0.0181 |
| 0.100 | 0.051 | 0.080 | 0.025 | 0.027 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0002        | 0.0002 | 0.0009 |
| 0.150 | 0.322 | 0.139 | 0.030 | 0.040 | 0.0290 | 0.0096 | 0.0154        | 0.0131 | 0.1720 |
| 0.100 | 0.175 | 0.073 | 0.025 | 0.077 | 0.0080 | 0.0130 | 0.0068        | 0.0056 | 0.0109 |
| 0.150 | 0.051 | 0.061 | 0.025 | 0.060 | 0.0850 | 0.0070 | 0.0125        | 0.0132 | 0.0190 |
| 0.100 | 0.042 | 0.084 | 0.025 | 0.082 | 0.0690 | 0.0110 | 0.0240        | 0.0392 | 0.0379 |
| 0.300 | 0.042 | 0.074 | 0.025 | 0.076 | 0.0010 | 0.0030 | 0.0011        | 0.0004 | 0.0009 |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## ZINC

Tabla 11  
Resultados de los monitoreos en Zinc

| Zinc  |        |       |       |        |        |        |               |        |         |
|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|---------------|--------|---------|
| 2004  | 2005   | 2006  | 2007  | 2008   | 2015   | 2016   | 2017          | 2018   | 2019    |
| 0.038 | 0.038  | 0.038 | 0.038 | 0.038  | 0.9200 | 0.2730 | 0.1834        | 0.1711 | 0.1290  |
| 0.038 | 0.038  | 0.038 | 0.038 | 0.038  | 0.1120 | 0.1510 | 0.0817        | 0.0248 | 0.0440  |
| 5.256 | 4.674  | 7.512 | 11.11 | 6.050  | 0.0280 | 0.1010 | 0.0100        | 0.0100 | 14.7500 |
| 1.769 | 1.701  | 17.15 | 3.509 | 1.870  | 0.1090 | 1.2660 | 7.8900        | 9.0110 | 0.0570  |
| 0.219 | 0.300  | 5.996 | 0.403 | 0.514  | 2.6170 | 0.3510 | 2.3110        | 1.1990 | 0.9680  |
| 0.203 | 0.223  | 4.051 | 0.488 | 0.459  | 0.0600 | 0.0840 | 0.0418        | 0.0577 | 0.0300  |
| 10.55 | 11.250 | 14.30 | 42.34 | 10.600 | 0.0750 | 0.0450 | 0.0360        | 0.0589 | 0.0210  |
| 0.438 | 0.373  | 4.339 | 1.542 | 0.582  | 0.0490 | 0.0450 | 0.0693        | 0.0638 | 0.0290  |
| 0.599 | 1.026  | 2.831 | 1.208 | 0.459  | 0.0490 | 0.0350 | 0.0635        | 0.0469 | 0.0290  |
| 0.075 | 0.058  | 0.361 | 0.151 | 10.600 | 0.5700 | 0.0700 | 0.0493        | 0.0617 | 0.0270  |
| 3.916 | 1.723  | 5.690 | 1.225 | 0.582  | 0.0510 | 0.0510 | 0.0549        | 0.0736 | 0.0320  |
| 2.963 | 1.734  | 0.319 | 0.143 | 1.020  | 0.0310 | 0.0230 | <b>0.0714</b> | 0.0288 | 0.2130  |
| 1.618 | 0.193  | 0.325 | 0.118 | 0.142  | 0.0800 | 0.0640 | 0.0444        | 0.0665 | 0.3020  |
| 0.224 | 0.192  | 0.325 | 1.557 | 0.411  | 0.0390 | 0.0610 | 0.0519        | 0.0578 | 0.0480  |
| 0.576 | 0.204  | 0.477 | 0.214 | 0.130  | 0.0660 | 0.0100 | 0.0100        | 0.0129 | 0.0080  |
| 0.118 | 0.104  | 0.123 | 0.088 | 0.191  | 0.0590 | 0.0800 | 0.0666        | 0.1281 | 0.0650  |
| 0.098 | 0.038  | 0.088 | 0.081 | 0.497  | 0.0470 | 0.1600 | 0.0231        | 0.0281 | 0.0200  |
| 3.003 | 4.693  | 0.852 | 1.813 | 0.240  | 0.0690 | 0.1430 | 0.0832        | 0.1423 | 0.0650  |
| 1.793 | 0.312  | 0.177 | 1.834 | 0.080  | 0.0470 | 0.3430 | 0.1154        | 0.0673 | 0.0650  |
| 1.903 | 2.472  | 0.515 | 0.733 | 0.067  | 0.0130 | 0.0120 | 0.0100        | 0.0100 | 0.0080  |
| 3.439 | 2.552  | 1.361 | 0.623 | 1.280  | 0.0140 | 0.0050 | 0.0100        | 0.0100 | 0.0080  |
| 2.919 | 5.780  | 1.586 | 0.617 | 2.690  | 0.1600 | 0.2180 | 0.0924        | 0.0761 | 0.1740  |
| 0.038 | 0.072  | 0.247 | 0.038 | 0.038  | 0.2650 | 0.5350 | 0.0714        | 0.0850 | 0.1200  |
| 2.459 | 5.417  | 1.697 | 0.621 | 1.300  | 0.2020 | 0.4620 | 0.0694        | 0.0963 | 0.0890  |
| 1.023 | 0.931  | 0.704 | 0.422 | 0.727  | 0.1170 | 0.0120 | 0.0100        | 0.0154 | 0.0080  |
| 1.087 | 1.802  | 0.676 | 0.488 | 0.038  | 0.0972 | 0.4300 | 0.0886        | 0.0903 | 0.0850  |
| 0.827 | 1.126  | 0.442 | 0.367 | 0.660  | 0.0670 | 0.1040 | 0.1067        | 0.0930 | 0.1300  |
| 2.082 | 2.105  | 0.494 | 0.282 | 0.808  | 0.3090 | 0.3870 | 0.0760        | 0.0864 | 0.0910  |
| 1.262 | 0.361  | 0.541 | 0.268 | 0.494  | 0.2680 | 0.3230 | 0.1154        | 0.1720 | 0.1660  |
| 0.374 | 0.450  | 0.532 | 0.292 | 0.636  | 0.0470 | 0.0070 | 0.0100        | 0.0151 | 0.0080  |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## pH

Tabla 12  
Resultados de los monitoreos en pH

| Ph   |      |      |      |      |      |      |             |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|
| 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2015 | 2016 | 2017        | 2018 | 2019 |
| 8.10 | 7.74 | 7.58 | 8.98 | 8.21 | 7.76 | 7.75 | 8.38        | 8.71 | 8.79 |
| 7.80 | 7.15 | 7.30 | 8.24 | 7.56 | 8.30 | 8.46 | 8.89        | 8.71 | 8.43 |
| 7.40 | 3.08 | 6.75 | 7.53 | 7.36 | 8.55 | 8.30 | 8.82        | 8.65 | 7.39 |
| 7.20 | 6.96 | 6.92 | 7.40 | 7.25 | 8.41 | 8.31 | 7.73        | 7.70 | 8.52 |
| 8.20 | 7.94 | 7.33 | 8.29 | 8.30 | 8.37 | 8.37 | 6.59        | 8.44 | 8.53 |
| 8.40 | 8.00 | 7.45 | 8.28 | 8.58 | 7.77 | 8.38 | 8.40        | 8.48 | 8.08 |
| 2.00 | 2.94 | 2.94 | 3.22 | 4.05 | 8.33 | 8.37 | 8.45        | 8.44 | 8.26 |
| 8.10 | 7.67 | 6.35 | 8.10 | 8.60 | 8.20 | 8.33 | 8.46        | 8.45 | 8.12 |
| 7.70 | 7.76 | 7.25 | 7.78 | 7.84 | 8.29 | 8.10 | 8.60        | 8.50 | 8.43 |
| 7.50 | 7.81 | 8.50 | 8.05 | 8.22 | 8.27 | 8.36 | 8.47        | 8.50 | 8.25 |
| 6.60 | 7.55 | 7.90 | 7.91 | 7.56 | 8.26 | 8.42 | 8.42        | 8.47 | 8.28 |
| 5.70 | 7.81 | 7.95 | 6.70 | 6.31 | 8.54 | 8.71 | <b>8.42</b> | 8.72 | 8.44 |
| 8.10 | 8.05 | 7.80 | 8.06 | 8.35 | 7.69 | 8.39 | 8.67        | 8.52 | 8.67 |
| 8.20 | 7.94 | 7.95 | 7.90 | 8.41 | 8.90 | 8.06 | 8.60        | 8.62 | 8.61 |
| 6.50 | 7.99 | 7.65 | 7.50 | 7.71 | 8.31 | 8.00 | 8.41        | 8.62 | 8.33 |
| 7.90 | 8.23 | 7.61 | 8.08 | 7.43 | 8.10 | 7.47 | 8.40        | 8.36 | 8.13 |
| 8.60 | 7.70 | 7.90 | 7.00 | 7.70 | 8.21 | 8.47 | 8.50        | 8.58 | 8.38 |
| 8.18 | 6.77 | 7.70 | 7.60 | 7.20 | 7.96 | 8.21 | 8.20        | 8.11 | 8.11 |
| 8.34 | 7.11 | 7.80 | 7.70 | 7.00 | 8.18 | 8.29 | 8.41        | 8.86 | 8.30 |
| 8.42 | 7.53 | 7.60 | 7.60 | 7.40 | 7.69 | 8.43 | 8.61        | 8.24 | 8.46 |
| 7.78 | 7.21 | 7.50 | 7.78 | 7.50 | 8.31 | 8.38 | 8.61        | 8.56 | 8.13 |
| 8.30 | 7.26 | 7.40 | 7.70 | 7.30 | 8.34 | 8.12 | 8.48        | 8.63 | 8.19 |
| 8.66 | 8.10 | 7.60 | 7.90 | 6.60 | 8.44 | 8.20 | 8.40        | 8.11 | 8.24 |
| 8.54 | 7.67 | 7.40 | 7.70 | 7.60 | 8.33 | 8.10 | 8.42        | 8.25 | 8.16 |
| 8.55 | 7.65 | 7.50 | 7.70 | 7.70 | 8.96 | 8.70 | 8.81        | 6.58 | 8.87 |
| 8.40 | 7.57 | 7.40 | 7.60 | 7.60 | 8.52 | 8.23 | 8.40        | 8.22 | 8.21 |
| 8.60 | 7.58 | 7.70 | 7.70 | 7.50 | 7.88 | 8.10 | 8.07        | 8.46 | 8.01 |
| 8.54 | 7.65 | 7.90 | 7.70 | 7.20 | 8.04 | 8.22 | 8.40        | 8.34 | 8.10 |
| 8.41 | 7.59 | 7.60 | 7.70 | 7.70 | 7.90 | 8.38 | 8.30        | 8.10 | 8.00 |
| 8.39 | 7.63 | 7.60 | 7.70 | 7.20 | 7.50 | 8.67 | 8.40        | 8.28 | 8.06 |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## TEMPERATURA

Tabla 13  
Resultados de los monitoreos en Temperatura

| Temperatura |              |       |       |       |       |       |              |       |       |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| 2004        | 2005         | 2006  | 2007  | 2008  | 2015  | 2016  | 2017         | 2018  | 2019  |
| 12.00       | 13.60        | 10.10 | 12.10 | 14.10 | 10.45 | 11.14 | 14.30        | 16.65 | 17.15 |
| 13.00       | 15.10        | 9.60  | 11.40 | 15.10 | 14.97 | 14.20 | 14.30        | 14.07 | 11.20 |
| 14.00       | 16.40        | 11.00 | 13.30 | 14.70 | 14.72 | 13.30 | 16.53        | 12.31 | 15.30 |
| 16.00       | 14.90        | 9.80  | 15.20 | 16.00 | 12.45 | 13.60 | 15.96        | 11.74 | 13.90 |
| 13.00       | 13.60        | 9.80  | 11.80 | 12.20 | 15.35 | 13.00 | 14.92        | 13.09 | 12.70 |
| 16.00       | 13.10        | 10.60 | 11.40 | 13.80 | 18.40 | 11.00 | 15.01        | 15.50 | 11.60 |
| 22.00       | 22.40        | 9.90  | 14.40 | 19.10 | 16.14 | 13.00 | 14.50        | 15.00 | 13.20 |
| 15.00       | 12.20        | 10.30 | 11.50 | 13.60 | 13.59 | 13.01 | 13.00        | 14.90 | 13.60 |
| 14.00       | 12.10        | 11.50 | 14.40 | 13.20 | 13.65 | 13.61 | 13.10        | 15.80 | 12.40 |
| 17.00       | <b>12.30</b> | 12.60 | 12.70 | 11.80 | 13.92 | 10.90 | 13.20        | 14.10 | 13.80 |
| 13.00       | <b>12.46</b> | 12.40 | 14.30 | 12.60 | 13.74 | 12.10 | 14.10        | 14.30 | 12.00 |
| 13.00       | <b>13.05</b> | 12.30 | 12.60 | 12.40 | 12.60 | 13.50 | <b>15.75</b> | 15.70 | 13.20 |
| 13.00       | <b>12.50</b> | 13.30 | 13.60 | 12.60 | 14.80 | 12.90 | 14.70        | 15.10 | 13.90 |
| 13.00       | <b>12.90</b> | 13.20 | 12.20 | 10.50 | 14.92 | 13.60 | 13.40        | 15.20 | 12.80 |
| 12.00       | <b>12.95</b> | 13.60 | 13.20 | 12.30 | 12.54 | 14.20 | 14.30        | 16.40 | 12.30 |
| 12.00       | 13.05        | 12.30 | 12.20 | 13.60 | 14.94 | 13.60 | 13.50        | 16.50 | 11.90 |
| 15.00       | 13.55        | 12.00 | 13.60 | 10.60 | 15.18 | 11.20 | 15.50        | 16.50 | 12.20 |
| 14.40       | 13.45        | 12.00 | 13.70 | 13.30 | 14.55 | 13.50 | 14.00        | 16.00 | 13.20 |
| 16.30       | 14.95        | 12.00 | 13.40 | 9.00  | 15.58 | 13.50 | 17.00        | 18.00 | 15.00 |
| 15.50       | 13.85        | 12.00 | 13.10 | 13.80 | 10.14 | 10.01 | 12.00        | 13.20 | 11.80 |
| 15.00       | 13.75        | 12.00 | 12.20 | 11.70 | 12.17 | 10.50 | 13.00        | 14.20 | 13.20 |
| 14.50       | 14.15        | 16.10 | 12.30 | 11.80 | 15.70 | 14.01 | 16.50        | 19.10 | 13.40 |
| 14.80       | 11.40        | 13.50 | 12.10 | 9.30  | 16.10 | 15.00 | 16.90        | 19.60 | 13.40 |
| 14.40       | 18.40        | 15.80 | 11.90 | 10.60 | 16.10 | 14.60 | 16.70        | 19.50 | 13.60 |
| 16.00       | 18.85        | 14.90 | 11.60 | 10.80 | 19.30 | 15.00 | 21.00        | 22.60 | 21.20 |
| 16.00       | 18.15        | 16.70 | 12.00 | 11.80 | 19.20 | 14.30 | 18.20        | 18.60 | 13.70 |
| 17.30       | 20.90        | 19.20 | 17.20 | 14.60 | 15.73 | 12.50 | 18.00        | 11.30 | 17.20 |
| 17.20       | 21.75        | 21.40 | 17.80 | 13.90 | 16.89 | 13.90 | 19.00        | 18.80 | 14.50 |
| 17.40       | 24.15        | 23.70 | 17.80 | 14.10 | 19.70 | 13.80 | 17.10        | 19.80 | 15.20 |
| 13.50       | 22.85        | 25.50 | 14.70 | 11.20 | 18.80 | 12.00 | 22.00        | 22.10 | 19.10 |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Tabla 14  
Resultados de los monitoreos en Conductividad eléctrica

| Conductividad eléctrica |        |        |        |        |        |        |              |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| 2004                    | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2015   | 2016   | 2017         | 2018   | 2019   |
| 287.0                   | 254.0  | 335.0  | 251.0  | 202.0  | 1.2    | 860.9  | 2142.0       | 2006.0 | 2205.0 |
| 308.0                   | 1594.0 | 340.0  | 245.0  | 217.0  | 353.0  | 328.4  | 296.2        | 329.7  | 444.0  |
| 1535.0                  | 668.0  | 3400.0 | 2250.0 | 1226.0 | 455.2  | 245.0  | 305.7        | 466.5  | 927.0  |
| 1270.0                  | 515.0  | 3400.0 | 1980.0 | 1314.0 | 357.4  | 296.6  | 660.9        | 770.2  | 695.0  |
| 431.0                   | 565.0  | 1350.0 | 1040.0 | 536.0  | 269.2  | 322.1  | 632.3        | 531.0  | 778.0  |
| 482.0                   | 553.0  | 1220.0 | 1120.0 | 624.0  | 403.1  | 370.1  | 489.0        | 468.0  | 573.0  |
| 2010.0                  | 2660.0 | 2280.0 | 1500.0 | 812.0  | 440.1  | 574.6  | 520.0        | 485.0  | 646.0  |
| 508.0                   | 585.0  | 1250.0 | 1150.0 | 650.0  | 627.0  | 683.7  | 630.0        | 550.3  | 674.0  |
| 550.0                   | 608.0  | 1250.0 | 1200.0 | 687.0  | 1759.0 | 1020.0 | 1272.0       | 1392.0 | 2120.0 |
| 303.0                   | 437.0  | 447.0  | 334.0  | 338.0  | 517.8  | 1020.0 | 550.1        | 695.3  | 711.0  |
| 861.0                   | 917.0  | 1530.0 | 1440.0 | 791.0  | 534.3  | 1016.0 | 548.1        | 702.3  | 786.0  |
| 427.0                   | 447.0  | 454.0  | 345.0  | 371.0  | 459.7  | 750.1  | <b>592.7</b> | 496.2  | 489.0  |
| 517.0                   | 445.0  | 488.0  | 424.0  | 372.0  | 660.0  | 890.0  | 558.5        | 763.0  | 698.0  |
| 625.0                   | 476.0  | 484.0  | 1210.0 | 768.0  | 642.2  | 864.0  | 555.6        | 710.8  | 685.0  |
| 563.0                   | 420.0  | 496.0  | 449.0  | 405.0  | 681.6  | 861.0  | 675.9        | 736.0  | 578.0  |
| 489.0                   | 333.0  | 498.0  | 424.0  | 382.0  | 529.2  | 780.0  | 559.3        | 718.0  | 702.0  |
| 441.0                   | 556.0  | 429.0  | 465.0  | 700.0  | 562.6  | 720.0  | 650.9        | 746.0  | 625.0  |
| 829.0                   | 855.0  | 516.0  | 717.0  | 596.0  | 592.4  | 723.0  | 595.1        | 768.0  | 709.0  |
| 2030.0                  | 1827.0 | 1801.0 | 1580.0 | 1712.0 | 588.8  | 816.6  | 594.0        | 788.0  | 795.0  |
| 980.0                   | 758.0  | 572.0  | 595.0  | 878.0  | 317.0  | 302.6  | 326.2        | 344.0  | 366.0  |
| 795.0                   | 796.0  | 495.0  | 557.0  | 626.0  | 318.6  | 363.1  | 373.0        | 386.0  | 380.0  |
| 774.0                   | 771.0  | 601.0  | 584.0  | 741.0  | 635.0  | 792.1  | 625.0        | 728.0  | 728.0  |
| 669.0                   | 584.0  | 587.0  | 1050.0 | 1250.0 | 655.0  | 750.5  | 625.1        | 686.0  | 728.0  |
| 765.0                   | 745.0  | 598.0  | 606.0  | 536.0  | 641.0  | 760.1  | 627.0        | 618.0  | 721.0  |
| 605.0                   | 586.0  | 567.0  | 538.0  | 561.0  | 454.0  | 500.0  | 463.0        | 503.0  | 495.0  |
| 580.0                   | 748.0  | 583.0  | 588.0  | 834.0  | 592.0  | 825.1  | 592.0        | 672.0  | 745.0  |
| 618.0                   | 707.0  | 614.0  | 618.0  | 904.0  | 232.0  | 260.9  | 857.0        | 246.5  | 964.0  |
| 612.0                   | 629.0  | 602.0  | 657.0  | 874.0  | 559.2  | 823.8  | 592.7        | 675.3  | 789.0  |
| 624.0                   | 624.0  | 627.0  | 648.0  | 898.0  | 523.0  | 680.6  | 652.0        | 652.6  | 622.0  |
| 602.0                   | 613.0  | 610.0  | 649.0  | 865.0  | 195.0  | 380.1  | 464.0        | 306.5  | 521.0  |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## OXÍGENO DISUELTO

Tabla 15  
Resultados de los monitoreos en oxígeno disuelto

| Oxigeno disuelto |       |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2004             | 2005  | 2006 | 2007 | 2008 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019  |
| 8.10             | 9.76  | 4.47 | 5.34 | 6.29 | 6.44 | 6.33 | 6.25 | 4.93 | 7.37  |
| 10.20            | 11.36 | 3.84 | 5.61 | 6.44 | 6.37 | 7.62 | 7.15 | 6.30 | 7.25  |
| 4.50             | 5.51  | 4.01 | 5.21 | 6.40 | 5.47 | 6.22 | 6.24 | 6.35 | 6.82  |
| 4.10             | 8.13  | 4.12 | 4.73 | 5.85 | 5.94 | 6.40 | 6.13 | 5.88 | 6.53  |
| 7.60             | 6.80  | 4.32 | 5.03 | 6.07 | 6.65 | 6.92 | 7.07 | 5.95 | 6.85  |
| 8.00             | 7.06  | 4.50 | 4.88 | 6.69 | 6.04 | 7.00 | 7.41 | 6.32 | 6.94  |
| 5.90             | 6.98  | 4.80 | 4.70 | 6.61 | 6.82 | 6.84 | 6.20 | 6.06 | 6.83  |
| 7.50             | 7.17  | 4.00 | 5.07 | 5.99 | 7.20 | 6.39 | 4.04 | 6.66 | 6.97  |
| 7.20             | 6.51  | 4.10 | 4.90 | 6.90 | 6.97 | 7.06 | 6.25 | 6.04 | 7.06  |
| 6.80             | 4.64  | 4.44 | 5.13 | 2.04 | 7.00 | 6.24 | 6.60 | 5.99 | 7.06  |
| 4.90             | 4.70  | 4.70 | 5.26 | 1.24 | 6.87 | 7.43 | 7.15 | 7.81 | 7.02  |
| 6.00             | 5.09  | 5.05 | 5.22 | 1.83 | 7.60 | 6.70 | 5.51 | 6.36 | 6.80  |
| 6.30             | 4.45  | 4.87 | 4.79 | 6.67 | 8.55 | 6.87 | 5.10 | 6.30 | 8.08  |
| 6.00             | 5.03  | 4.60 | 5.05 | 6.33 | 7.60 | 6.64 | 6.24 | 6.38 | 7.24  |
| 5.60             | 4.63  | 4.90 | 5.12 | 6.52 | 7.30 | 6.75 | 6.13 | 5.46 | 7.45  |
| 6.49             | 5.41  | 4.47 | 6.06 | 6.84 | 7.78 | 7.18 | 7.07 | 5.63 | 7.39  |
| 7.84             | 4.40  | 3.84 | 5.07 | 6.72 | 6.75 | 6.90 | 7.90 | 5.30 | 7.36  |
| 6.35             | 4.64  | 4.01 | 5.19 | 6.32 | 6.88 | 6.59 | 4.03 | 5.82 | 7.12  |
| 6.68             | 5.09  | 4.12 | 5.00 | 6.76 | 7.41 | 6.42 | 4.52 | 5.36 | 6.79  |
| 5.36             | 4.29  | 5.01 | 5.19 | 6.22 | 5.12 | 7.01 | 4.33 | 6.86 | 7.05  |
| 6.62             | 4.53  | 5.00 | 5.10 | 6.33 | 8.27 | 7.01 | 4.52 | 5.64 | 6.50  |
| 5.37             | 4.45  | 5.10 | 5.34 | 6.34 | 8.34 | 6.35 | 4.32 | 5.16 | 6.90  |
| 7.10             | 5.00  | 5.04 | 5.35 | 8.07 | 6.11 | 6.93 | 4.48 | 5.18 | 6.99  |
| 7.26             | 4.35  | 5.26 | 5.12 | 6.51 | 5.66 | 6.52 | 4.75 | 5.23 | 6.92  |
| 5.90             | 4.17  | 5.15 | 5.55 | 6.37 | 6.90 | 6.39 | 4.07 | 5.00 | 12.28 |
| 5.98             | 4.17  | 5.51 | 5.57 | 6.13 | 6.30 | 6.72 | 4.14 | 5.20 | 7.00  |
| 7.68             | 3.84  | 4.93 | 5.01 | 5.47 | 6.07 | 6.54 | 4.01 | 3.11 | 2.73  |
| 5.60             | 4.08  | 5.60 | 5.08 | 5.62 | 6.35 | 6.65 | 5.12 | 5.30 | 6.44  |
| 6.07             | 4.23  | 4.97 | 5.26 | 5.76 | 5.70 | 6.92 | 6.00 | 5.00 | 4.65  |
| 7.77             | 4.45  | 4.74 | 5.05 | 6.16 | 5.50 | 6.50 | 6.10 | 4.50 | 4.85  |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

## COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Tabla 16  
Resultados de los monitoreos en Coliformes termotolerantes

| Coliformes termotolerantes |            |        |       |       |            |             |         |         |          |
|----------------------------|------------|--------|-------|-------|------------|-------------|---------|---------|----------|
| 2004                       | 2005       | 2006   | 2007  | 2008  | 2015       | 2016        | 2017    | 2018    | 2019     |
| 1                          | 0          | 0      | 10    | 0     | 70         | 1.8         | 790     | 11      | 2        |
| 3                          | 2          | 2      | 8     | 2     | 49         | 7.8         | 110     | 2       | 17       |
| 8000                       | 4320       | 12000  | 10000 | 13000 | 6.8        | 49          | 7.8     | 1.8     | 1.8      |
| 120                        | 72         | 5000   | 5000  | 5000  | 14         | 4.5         | 1.8     | 1.8     | 33       |
| 9                          | 43         | 300    | 250   | 800   | 33         | 1.8         | 2.0     | 49      | 1.8      |
| 5                          | 14         | 60     | 90    | 60    | 330        | 330         | 110     | 170     | 330      |
| 1                          | 0          | 0      | 0     | 0     | 490        | 230         | 110     | 330     | 490      |
| 1                          | 0          | 0      | 0     | 2     | 79         | 2           | 170     | 170     | 330      |
| 2                          | 2          | 0      | 0     | 2     | 33000      | 49000       | 22000   | 700     | 110000   |
| 1                          | <b>226</b> | 0      | 0     | 0     | 330        | 2200        | 1700    | 2400    | 4600     |
| 600                        | <b>226</b> | 16     | 15    | 2     | 3300       | 7900        | 210     | 70      | 7000     |
| 40                         | <b>226</b> | 2      | 2     | 2     | <b>490</b> | <b>1095</b> | 49      | 1.8     | 2400     |
| 1                          | <b>226</b> | 0      | 10    | 1     | <b>490</b> | <b>1095</b> | 170     | 49      | 1.8      |
| 1                          | <b>226</b> | 0      | 0     | 0     | 490        | <b>1095</b> | 1100    | 110     | 940      |
| 1                          | <b>226</b> | 0      | 0     | 0     | 490        | 79          | 490     | 33      | 49       |
| 1                          | 12         | 15     | 40    | 31    | 79         | <b>1095</b> | 330     | 2400    | 2800     |
| 12                         | 800        | 780    | 94    | 1861  | 330        | 490         | 330     | 170     | 330      |
| 2140                       | 1080       | 1200   | 43    | 722   | 700        | 79          | 490     | 240     | 220      |
| 17000                      | 30000      | 29060  | 50000 | 30556 | 490        | 49          | 1.1     | 70      | 4600     |
| 1230                       | 1300       | 1000   | 72    | 1944  | 1.8        | 49          | 1       | 33      | 6.8      |
| 3160                       | 3200       | 2900   | 648   | 2639  | 1100       | 3300        | 1300    | 490     | 2200     |
| 240                        | 50         | 40     | 69    | 1319  | 4600       | 7000        | 700     | 1100    | 17000    |
| 200                        | 300        | 350    | 65    | 1167  | 23000      | 790         | 11000   | 140000  | 22000    |
| 200                        | 50         | 50     | 35    | 972   | 7900       | 2300        | 46000   | 9400    | 46000    |
| 300                        | 152        | 150    | 14    | 2500  | 7900       | 1400        | 700     | 49      | 490      |
| 360                        | 340        | 250    | 202   | 1042  | 3300       | 11000       | 1700    | 17000   | 110000   |
| 5200                       | 9100       | 9000   | 2376  | 15694 | 2300000    | 490000000   | 7000000 | 1700000 | 11000000 |
| 10000                      | 1000000    | 100000 | 28800 | 79167 | 330000     | 790000      | 220000  | 140000  | 1100000  |
| 2900                       | 3700       | 2900   | 14400 | 73611 | 230000     | 49000       | 11000   | 28000   | 70000    |
| 680                        | 2400       | 2350   | 3744  | 66667 | 23000      | 790000      | 2800    | 35000   | 46000    |

Fuente: DIGESA-AAA Mantaro

### 4.2. Resultados

Para determinar el método estadístico a aplicar, primero se realizaron pruebas de normalidad con cada parámetro, eligiendo ANOVA para aquellas pruebas paramétricas y KRUSKAL WALIS para aquellas pruebas no paramétricas.



## PRUEBA DE NORMALIDAD

Hipótesis a contrastar:

$H_0$ : Los datos analizados siguen una distribución normal

$H_1$ : Los datos analizados no siguen una distribución normal

| Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>      | Shapiro-Wilk                          |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| • Para muestras grandes ( $n > 50$ ) | • Para muestras pequeñas ( $n < 50$ ) |

Si  $p > 0.05$  Aceptamos hipótesis nula

Si  $p < 0.05$  Rechazamos la hipótesis nula

De tal forma, se procedió a realizar el procesamiento estadístico de los datos con cada parámetro.

- Cadmio
- Cobre
- Plomo
- Zinc
- pH
- Temperatura
- Conductividad eléctrica
- Oxígeno disuelto
- Coliformes termotolerantes

## CADMIO

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 17

*Prueba de normalidad para Cadmio*

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | Gl | Sig. |
| 2004 | ,369                            | 30 | ,000 | ,369         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,475                            | 30 | ,000 | ,418         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,506                            | 30 | ,000 | ,301         | 30 | ,000 |
| 2008 | ,537                            | 30 | ,000 | ,275         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,500                            | 30 | ,000 | ,280         | 30 | ,000 |
| 2016 | ,381                            | 30 | ,000 | ,336         | 30 | ,000 |
| 2017 | ,501                            | 30 | ,000 | ,264         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,487                            | 30 | ,000 | ,240         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,496                            | 30 | ,000 | ,222         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors. b. 2005 es una constante y se ha desestimado

*Fuente: Elaboración propia*

Esta prueba nos da a conocer que los datos siguen una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de Cadmio son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de Cadmio es diferente de los demás años.

Tabla 18

*Tabla de Kruskal-Wallis para Cadmio*

| Resumen de Prueba de Hipótesis |                                                                                     |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                      | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de concentración de cadmio es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

*Fuente: Elaboración propia*

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de Cadmio es diferente de los demás años.

## U MANN-WHITNEY

### Hipótesis de investigación:

**H<sub>0</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$  La diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta H<sub>0</sub>)

Si  $p \leq 0.05$  La diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza H<sub>0</sub>)

Tabla 19

Tabla de U Mann-Whitney para Cadmio

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig. |
|------|------|-------------------|---------------|--------|------|
| 2004 | 2005 | 270,000           | 735,000       | -3,809 | ,000 |
|      | 2006 | 348,500           | 813,500       | -1,888 | ,059 |
|      | 2007 | 317,000           | 782,000       | -2,586 | ,010 |
|      | 2008 | 289,000           | 754,000       | -3,212 | ,001 |
|      | 2015 | 0,000             | 465,000       | -7,084 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -6,922 | ,000 |
|      | 2017 | 26,000            | 491,000       | -6,499 | ,000 |
|      | 2018 | 26,000            | 491,000       | -6,605 | ,000 |
|      | 2019 | 27,000            | 492,000       | -6,506 | ,000 |
| 2005 | 2004 | 270,000           | 735,000       | -3,809 | ,000 |
|      | 2006 | 375,000           | 840,000       | -2,313 | ,021 |
|      | 2007 | 405,000           | 870,000       | -1,761 | ,078 |
|      | 2008 | 420,000           | 885,000       | -1,426 | ,154 |
|      | 2015 | 0,000             | 465,000       | -7,513 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -7,321 | ,000 |
|      | 2017 | 30,000            | 495,000       | -6,806 | ,000 |
|      | 2018 | 30,000            | 495,000       | -6,930 | ,000 |
|      | 2019 | 30,000            | 495,000       | -6,833 | ,000 |
| 2006 | 2004 | 348,500           | 813,500       | -1,888 | ,059 |
|      | 2005 | 375,000           | 840,000       | -2,313 | ,021 |
|      | 2007 | 419,500           | 884,500       | -,763  | ,445 |
|      | 2008 | 401,000           | 866,000       | -1,300 | ,194 |
|      | 2015 | 0,000             | 465,000       | -7,273 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -7,098 | ,000 |
|      | 2017 | 28,000            | 493,000       | -6,632 | ,000 |
|      | 2018 | 28,000            | 493,000       | -6,745 | ,000 |
|      | 2019 | 30,000            | 495,000       | -6,625 | ,000 |
| 2007 | 2004 | 317,000           | 782,000       | -2,586 | ,010 |
|      | 2005 | 405,000           | 870,000       | -1,761 | ,078 |
|      | 2006 | 419,500           | 884,500       | -,763  | ,445 |
|      | 2008 | 432,000           | 897,000       | -,555  | ,579 |
|      | 2015 | 0,000             | 465,000       | -7,356 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -7,175 | ,000 |
|      | 2017 | 28,000            | 493,000       | -6,704 | ,000 |
|      | 2018 | 28,000            | 493,000       | -6,821 | ,000 |

|      |      |         |         |        |      |
|------|------|---------|---------|--------|------|
|      | 2019 | 30,000  | 495,000 | -6,697 | ,000 |
| 2008 | 2004 | 289,000 | 754,000 | -3,212 | ,001 |
|      | 2005 | 420,000 | 885,000 | -1,426 | ,154 |
|      | 2006 | 401,000 | 866,000 | -1,300 | ,194 |
|      | 2007 | 432,000 | 897,000 | -,555  | ,579 |
|      | 2015 | 0,000   | 465,000 | -7,404 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000   | 465,000 | -7,219 | ,000 |
|      | 2017 | 30,000  | 495,000 | -6,713 | ,000 |
|      | 2018 | 30,000  | 495,000 | -6,831 | ,000 |
|      | 2019 | 30,000  | 495,000 | -6,738 | ,000 |
| 2015 | 2004 | 0,000   | 465,000 | -7,084 | ,000 |
|      | 2005 | 0,000   | 465,000 | -7,513 | ,000 |
|      | 2006 | 0,000   | 465,000 | -7,273 | ,000 |
|      | 2007 | 0,000   | 465,000 | -7,356 | ,000 |
|      | 2008 | 0,000   | 465,000 | -7,404 | ,000 |
|      | 2016 | 29,000  | 494,000 | -6,713 | ,000 |
|      | 2017 | 60,000  | 525,000 | -6,195 | ,000 |
|      | 2018 | 59,000  | 524,000 | -6,320 | ,000 |
|      | 2019 | 59,000  | 524,000 | -6,234 | ,000 |
| 2016 | 2004 | 0,000   | 465,000 | -6,922 | ,000 |
|      | 2005 | 0,000   | 465,000 | -7,321 | ,000 |
|      | 2006 | 0,000   | 465,000 | -7,098 | ,000 |
|      | 2007 | 0,000   | 465,000 | -7,175 | ,000 |
|      | 2008 | 0,000   | 465,000 | -7,219 | ,000 |
|      | 2015 | 29,000  | 494,000 | -6,713 | ,000 |
|      | 2017 | 227,000 | 692,000 | -3,460 | ,001 |
|      | 2018 | 139,000 | 604,000 | -4,905 | ,000 |
|      | 2019 | 205,000 | 670,000 | -3,815 | ,000 |
| 2017 | 2004 | 26,000  | 491,000 | -6,499 | ,000 |
|      | 2005 | 30,000  | 495,000 | -6,806 | ,000 |
|      | 2006 | 28,000  | 493,000 | -6,632 | ,000 |
|      | 2007 | 28,000  | 493,000 | -6,704 | ,000 |
|      | 2008 | 30,000  | 495,000 | -6,713 | ,000 |
|      | 2015 | 60,000  | 525,000 | -6,195 | ,000 |
|      | 2016 | 227,000 | 692,000 | -3,460 | ,001 |
|      | 2018 | 403,500 | 868,500 | -,927  | ,354 |
|      | 2019 | 234,000 | 699,000 | -3,351 | ,001 |
| 2018 | 2004 | 26,000  | 491,000 | -6,605 | ,000 |
|      | 2005 | 30,000  | 495,000 | -6,930 | ,000 |
|      | 2006 | 28,000  | 493,000 | -6,745 | ,000 |
|      | 2007 | 28,000  | 493,000 | -6,821 | ,000 |
|      | 2008 | 30,000  | 495,000 | -6,831 | ,000 |
|      | 2015 | 59,000  | 524,000 | -6,320 | ,000 |
|      | 2016 | 139,000 | 604,000 | -4,905 | ,000 |
|      | 2017 | 403,500 | 868,500 | -,927  | ,354 |
|      | 2019 | 138,000 | 603,000 | -4,921 | ,000 |
| 2019 | 2004 | 27,000  | 492,000 | -6,506 | ,000 |
|      | 2005 | 30,000  | 495,000 | -6,833 | ,000 |
|      | 2006 | 30,000  | 495,000 | -6,625 | ,000 |
|      | 2007 | 30,000  | 495,000 | -6,697 | ,000 |
|      | 2008 | 30,000  | 495,000 | -6,738 | ,000 |
|      | 2015 | 59,000  | 524,000 | -6,234 | ,000 |
|      | 2016 | 205,000 | 670,000 | -3,815 | ,000 |
|      | 2017 | 234,000 | 699,000 | -3,351 | ,001 |
|      | 2018 | 138,000 | 603,000 | -4,921 | ,000 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 19 evidencia que el 84.4 % de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de Cadmio, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

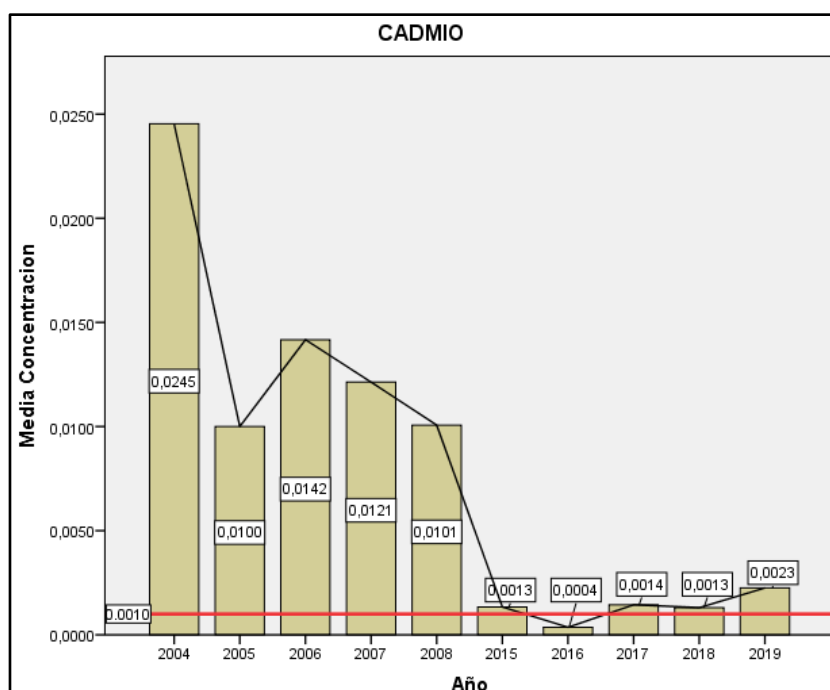


Ilustración 15: Evaluación del ECA para Cadmio  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 15 se muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración es la del año 2004, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2016, siendo el año 2016 la única media que no supera el ECA.

## PRUEBA DE CORRELACIÓN

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 20

Correlación entre las concentraciones de Cadmio y años

| Correlaciones   |               |                            | Año     | Concentración |
|-----------------|---------------|----------------------------|---------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coeficiente de correlación | 1,000   | -,837**       |
|                 |               | Sig. (bilateral)           | .       | ,000          |
|                 |               | N                          | 300     | 300           |
|                 | Concentración | Coeficiente de correlación | -,837** | 1,000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)           | ,000    | .             |
|                 |               | N                          | 300     | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan inversamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son altas y para el segundo bajan significativamente.

## COBRE

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 21

Prueba de normalidad para Cobre

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | Gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,248                            | 30 | ,000 | ,722         | 30 | ,000 |
| 2005 | ,366                            | 30 | ,000 | ,540         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,340                            | 30 | ,000 | ,552         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,355                            | 30 | ,000 | ,482         | 30 | ,000 |
| 2008 | ,361                            | 30 | ,000 | ,631         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,219                            | 30 | ,001 | ,713         | 30 | ,000 |
| 2016 | ,268                            | 30 | ,000 | ,809         | 30 | ,000 |
| 2017 | ,306                            | 30 | ,000 | ,622         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,225                            | 30 | ,000 | ,671         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,382                            | 30 | ,000 | ,336         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba nos da a conocer que los datos siguen una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de Cobre son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de Cobre es diferente de los demás años.

Tabla 22

Tabla de Kruskal-Wallis para cobre

| Resumen de prueba de hipótesis |                                                                                    |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                     | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de concentración de cobre es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de Cobre es diferente de los demás años.

## U MANN-WHITNEY

### Hipótesis de investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$  La diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta H<sub>0</sub>)

Si  $p \leq 0.05$  La diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza H<sub>0</sub>)

Tabla 23

Tabla de U Mann-Whitney para cobre

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig. |
|------|------|-------------------|---------------|--------|------|
| 2004 | 2005 | 324,500           | 789,500       | -1,881 | ,060 |
|      | 2006 | 407,500           | 872,500       | -,630  | ,529 |
|      | 2007 | 366,500           | 831,500       | -1,237 | ,216 |
|      | 2008 | 354,000           | 819,000       | -1,425 | ,154 |
|      | 2015 | 181,500           | 646,500       | -3,977 | ,000 |
|      | 2016 | 168,500           | 633,500       | -4,181 | ,000 |
|      | 2017 | 217,000           | 682,000       | -3,447 | ,001 |
|      | 2018 | 163,000           | 628,000       | -4,247 | ,000 |
|      | 2019 | 186,000           | 651,000       | -3,906 | ,000 |
| 2005 | 2004 | 324,500           | 789,500       | -1,881 | ,060 |
|      | 2006 | 358,500           | 823,500       | -1,361 | ,173 |
|      | 2007 | 397,500           | 862,500       | -,781  | ,435 |
|      | 2008 | 396,500           | 861,500       | -,799  | ,425 |
|      | 2015 | 259,500           | 724,500       | -2,829 | ,005 |
|      | 2016 | 252,500           | 717,500       | -2,945 | ,003 |
|      | 2017 | 297,000           | 762,000       | -2,269 | ,023 |
|      | 2018 | 236,000           | 701,000       | -3,174 | ,002 |
|      | 2019 | 258,500           | 723,500       | -2,840 | ,005 |
| 2006 | 2004 | 407,500           | 872,500       | -,630  | ,529 |
|      | 2005 | 358,500           | 823,500       | -1,361 | ,173 |
|      | 2007 | 384,500           | 849,500       | -,969  | ,333 |
|      | 2008 | 420,500           | 885,500       | -,437  | ,662 |
|      | 2015 | 113,500           | 578,500       | -4,979 | ,000 |
|      | 2016 | 74,000            | 539,000       | -5,575 | ,000 |
|      | 2017 | 132,000           | 597,000       | -4,702 | ,000 |
|      | 2018 | 88,000            | 553,000       | -5,353 | ,000 |
|      | 2019 | 92,000            | 557,000       | -5,293 | ,000 |
| 2007 | 2004 | 366,500           | 831,500       | -1,237 | ,216 |
|      | 2005 | 397,500           | 862,500       | -,781  | ,435 |
|      | 2006 | 384,500           | 849,500       | -,969  | ,333 |
|      | 2008 | 412,000           | 877,000       | -,563  | ,574 |
|      | 2015 | 137,000           | 602,000       | -4,632 | ,000 |
|      | 2016 | 84,500            | 549,500       | -5,420 | ,000 |
|      | 2017 | 165,000           | 630,000       | -4,214 | ,000 |
|      | 2018 | 105,000           | 570,000       | -5,102 | ,000 |
|      | 2019 | 108,500           | 573,500       | -5,050 | ,000 |

|      |      |         |         |        |      |
|------|------|---------|---------|--------|------|
| 2008 | 2004 | 354,000 | 819,000 | -1,425 | ,154 |
|      | 2005 | 396,500 | 861,500 | -,799  | ,425 |
|      | 2006 | 420,500 | 885,500 | -,437  | ,662 |
|      | 2007 | 412,000 | 877,000 | -,563  | ,574 |
|      | 2015 | 144,000 | 609,000 | -4,529 | ,000 |
|      | 2016 | 116,500 | 581,500 | -4,948 | ,000 |
|      | 2017 | 178,000 | 643,000 | -4,023 | ,000 |
|      | 2018 | 124,000 | 589,000 | -4,822 | ,000 |
|      | 2019 | 134,000 | 599,000 | -4,674 | ,000 |
| 2015 | 2004 | 181,500 | 646,500 | -3,977 | ,000 |
|      | 2005 | 259,500 | 724,500 | -2,829 | ,005 |
|      | 2006 | 113,500 | 578,500 | -4,979 | ,000 |
|      | 2007 | 137,000 | 602,000 | -4,632 | ,000 |
|      | 2008 | 144,000 | 609,000 | -4,529 | ,000 |
|      | 2016 | 322,000 | 787,000 | -1,905 | ,057 |
|      | 2017 | 367,000 | 832,000 | -1,228 | ,220 |
|      | 2018 | 380,000 | 845,000 | -1,036 | ,300 |
|      | 2019 | 386,000 | 851,000 | -,947  | ,344 |
| 2016 | 2004 | 168,500 | 633,500 | -4,181 | ,000 |
|      | 2005 | 252,500 | 717,500 | -2,945 | ,003 |
|      | 2006 | 74,000  | 539,000 | -5,575 | ,000 |
|      | 2007 | 84,500  | 549,500 | -5,420 | ,000 |
|      | 2008 | 116,500 | 581,500 | -4,948 | ,000 |
|      | 2015 | 322,000 | 787,000 | -1,905 | ,057 |
|      | 2017 | 250,000 | 715,000 | -2,964 | ,003 |
|      | 2018 | 402,000 | 867,000 | -,711  | ,477 |
|      | 2019 | 367,500 | 832,500 | -1,223 | ,221 |
| 2017 | 2004 | 217,000 | 682,000 | -3,447 | ,001 |
|      | 2005 | 297,000 | 762,000 | -2,269 | ,023 |
|      | 2006 | 132,000 | 597,000 | -4,702 | ,000 |
|      | 2007 | 165,000 | 630,000 | -4,214 | ,000 |
|      | 2008 | 178,000 | 643,000 | -4,023 | ,000 |
|      | 2015 | 367,000 | 832,000 | -1,228 | ,220 |
|      | 2016 | 250,000 | 715,000 | -2,964 | ,003 |
|      | 2018 | 276,000 | 741,000 | -2,573 | ,010 |
|      | 2019 | 278,000 | 743,000 | -2,543 | ,011 |
| 2018 | 2004 | 163,000 | 628,000 | -4,247 | ,000 |
|      | 2005 | 236,000 | 701,000 | -3,174 | ,002 |
|      | 2006 | 88,000  | 553,000 | -5,353 | ,000 |
|      | 2007 | 105,000 | 570,000 | -5,102 | ,000 |
|      | 2008 | 124,000 | 589,000 | -4,822 | ,000 |
|      | 2015 | 380,000 | 845,000 | -1,036 | ,300 |
|      | 2016 | 402,000 | 867,000 | -,711  | ,477 |
|      | 2017 | 276,000 | 741,000 | -2,573 | ,010 |
|      | 2019 | 433,000 | 898,000 | -,251  | ,802 |
| 2019 | 2004 | 186,000 | 651,000 | -3,906 | ,000 |
|      | 2005 | 258,500 | 723,500 | -2,840 | ,005 |
|      | 2006 | 92,000  | 557,000 | -5,293 | ,000 |
|      | 2007 | 108,500 | 573,500 | -5,050 | ,000 |
|      | 2008 | 134,000 | 599,000 | -4,674 | ,000 |
|      | 2015 | 386,000 | 851,000 | -,947  | ,344 |
|      | 2016 | 367,500 | 832,500 | -1,223 | ,221 |
|      | 2017 | 278,000 | 743,000 | -2,543 | ,011 |
|      | 2018 | 433,000 | 898,000 | -,251  | ,802 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 23 evidencia que el 62.2 % de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de Cobre, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.



## EVALUACIÓN DEL ECA

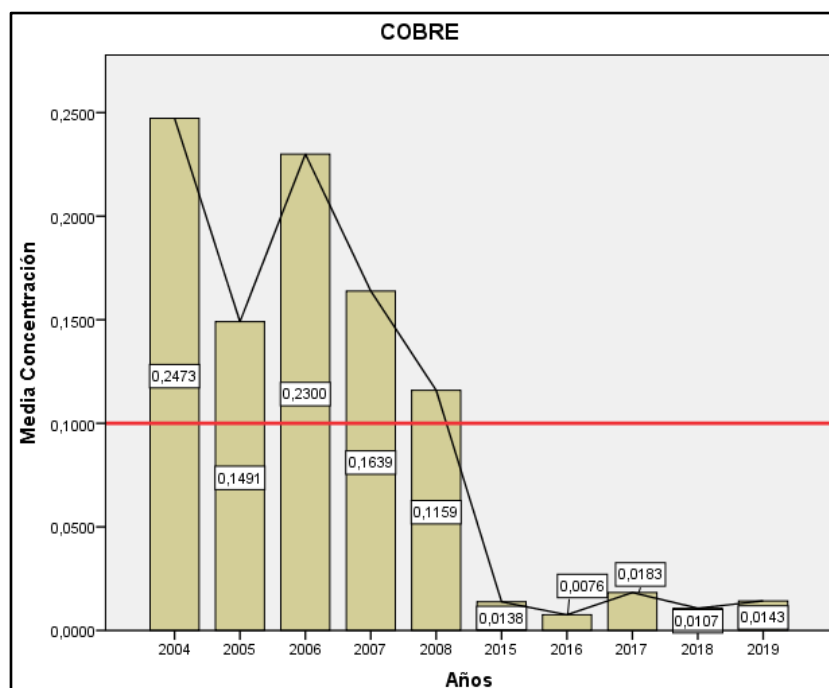


Ilustración 16: Evaluación del ECA para Cobre  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La ilustración N.º 16 muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración de Cobre se encuentra en el año 2004 y la menor media de concentración de Cobre en el 2016; también se observa que en los periodos de 2004 a 2008 superan el ECA, mientras que del 2015 a 2019 están por debajo de los ECA.

## PRUEBA DE CORRELACIÓN

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 24

Correlación entre las concentraciones de Cobre y años

| Correlaciones   |               |                             | Año     | Concentración |
|-----------------|---------------|-----------------------------|---------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coefficiente de correlación | 1,000   | -,484**       |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .       | ,000          |
|                 | Concentración | N                           | 300     | 300           |
|                 |               | Coefficiente de correlación | -,484** | 1,000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | ,000    | .             |
|                 |               | N                           | 300     | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan inversamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son altas y para el segundo bajan significativamente.

## PLOMO

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 25

*Prueba de normalidad para plomo*

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | Gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,345                            | 30 | ,000 | ,425         | 30 | ,000 |
| 2005 | ,357                            | 30 | ,000 | ,388         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,311                            | 30 | ,000 | ,698         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,456                            | 30 | ,000 | ,225         | 30 | ,000 |
| 2008 | ,348                            | 30 | ,000 | ,434         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,296                            | 30 | ,000 | ,737         | 30 | ,000 |
| 2016 | ,309                            | 30 | ,000 | ,765         | 30 | ,000 |
| 2017 | ,260                            | 30 | ,000 | ,544         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,162                            | 30 | ,044 | ,839         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,310                            | 30 | ,000 | ,493         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración propia*

Esta prueba nos da a conocer que los datos siguen una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de plomo son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de plomo es diferente de los demás años.

Tabla 26

*Tabla de Kruskal-Wallis para Plomo*

| Resumen de prueba de Hipótesis |                                                                                    |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                     | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de concentración de plomo es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

*Fuente: Elaboración propia*

Interpretación: Puesto a que se rechaza la hipótesis nula, aceptamos que los datos analizados por años varían significativamente para plomo.

## U DE MANN-WHITNEY

### Hipótesis de Investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta H<sub>0</sub>)

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza H<sub>0</sub>)

Tabla 27

Tabla de U Mann-Whitney para plomo

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig. |
|------|------|-------------------|---------------|--------|------|
| 2004 | 2005 | 430,000           | 895,000       | -,303  | ,762 |
|      | 2006 | 372,500           | 837,500       | -1,157 | ,247 |
|      | 2007 | 315,000           | 780,000       | -2,186 | ,029 |
|      | 2008 | 333,500           | 798,500       | -1,807 | ,071 |
|      | 2015 | 110,000           | 575,000       | -5,060 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -6,742 | ,000 |
|      | 2017 | 0,000             | 465,000       | -6,688 | ,000 |
|      | 2018 | 26,000            | 491,000       | -6,302 | ,000 |
|      | 2019 | 63,000            | 528,000       | -5,752 | ,000 |
| 2005 | 2004 | 430,000           | 895,000       | -,303  | ,762 |
|      | 2006 | 319,500           | 784,500       | -1,937 | ,053 |
|      | 2007 | 276,000           | 741,000       | -2,731 | ,006 |
|      | 2008 | 343,500           | 808,500       | -1,621 | ,105 |
|      | 2015 | 111,500           | 576,500       | -5,020 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -6,718 | ,000 |
|      | 2017 | 0,000             | 465,000       | -6,665 | ,000 |
|      | 2018 | 22,000            | 487,000       | -6,339 | ,000 |
|      | 2019 | 66,000            | 531,000       | -5,687 | ,000 |
| 2006 | 2004 | 372,500           | 837,500       | -1,157 | ,247 |
|      | 2005 | 319,500           | 784,500       | -1,937 | ,053 |
|      | 2007 | 192,000           | 657,000       | -3,927 | ,000 |
|      | 2008 | 210,000           | 675,000       | -3,590 | ,000 |
|      | 2015 | 70,500            | 535,500       | -5,619 | ,000 |
|      | 2016 | 13,000            | 478,000       | -6,514 | ,000 |
|      | 2017 | 19,000            | 484,000       | -6,373 | ,000 |
|      | 2018 | 26,000            | 491,000       | -6,270 | ,000 |
|      | 2019 | 53,000            | 518,000       | -5,870 | ,000 |
| 2007 | 2004 | 315,000           | 780,000       | -2,186 | ,029 |
|      | 2005 | 276,000           | 741,000       | -2,731 | ,006 |
|      | 2006 | 192,000           | 657,000       | -3,927 | ,000 |
|      | 2008 | 385,500           | 850,500       | -1,054 | ,292 |
|      | 2015 | 189,000           | 654,000       | -3,938 | ,000 |
|      | 2016 | 0,000             | 465,000       | -6,836 | ,000 |
|      | 2017 | 0,000             | 465,000       | -6,780 | ,000 |
|      | 2018 | 46,000            | 511,000       | -6,087 | ,000 |
|      | 2019 | 98,000            | 563,000       | -5,303 | ,000 |

|      |      |         |         |        |      |
|------|------|---------|---------|--------|------|
| 2008 | 2004 | 333,500 | 798,500 | -1,807 | ,071 |
|      | 2005 | 343,500 | 808,500 | -1,621 | ,105 |
|      | 2006 | 210,000 | 675,000 | -3,590 | ,000 |
|      | 2007 | 385,500 | 850,500 | -1,054 | ,292 |
|      | 2015 | 173,500 | 638,500 | -4,120 | ,000 |
|      | 2016 | 30,000  | 495,000 | -6,300 | ,000 |
|      | 2017 | 30,000  | 495,000 | -6,249 | ,000 |
|      | 2018 | 61,000  | 526,000 | -5,789 | ,000 |
|      | 2019 | 109,000 | 574,000 | -5,074 | ,000 |
| 2015 | 2004 | 110,000 | 575,000 | -5,060 | ,000 |
|      | 2005 | 111,500 | 576,500 | -5,020 | ,000 |
|      | 2006 | 70,500  | 535,500 | -5,619 | ,000 |
|      | 2007 | 189,000 | 654,000 | -3,938 | ,000 |
|      | 2008 | 173,500 | 638,500 | -4,120 | ,000 |
|      | 2016 | 321,000 | 786,000 | -1,965 | ,049 |
|      | 2017 | 426,000 | 891,000 | -,355  | ,722 |
|      | 2018 | 417,000 | 882,000 | -,489  | ,625 |
|      | 2019 | 392,500 | 857,500 | -,852  | ,394 |
| 2016 | 2004 | 0,000   | 465,000 | -6,742 | ,000 |
|      | 2005 | 0,000   | 465,000 | -6,718 | ,000 |
|      | 2006 | 13,000  | 478,000 | -6,514 | ,000 |
|      | 2007 | 0,000   | 465,000 | -6,836 | ,000 |
|      | 2008 | 30,000  | 495,000 | -6,300 | ,000 |
|      | 2015 | 321,000 | 786,000 | -1,965 | ,049 |
|      | 2017 | 326,500 | 791,500 | -1,841 | ,066 |
|      | 2018 | 356,500 | 821,500 | -1,394 | ,163 |
|      | 2019 | 377,500 | 842,500 | -1,082 | ,279 |
| 2017 | 2004 | 0,000   | 465,000 | -6,688 | ,000 |
|      | 2005 | 0,000   | 465,000 | -6,665 | ,000 |
|      | 2006 | 19,000  | 484,000 | -6,373 | ,000 |
|      | 2007 | 0,000   | 465,000 | -6,780 | ,000 |
|      | 2008 | 30,000  | 495,000 | -6,249 | ,000 |
|      | 2015 | 426,000 | 891,000 | -,355  | ,722 |
|      | 2016 | 326,500 | 791,500 | -1,841 | ,066 |
|      | 2018 | 414,500 | 879,500 | -,525  | ,599 |
|      | 2019 | 446,500 | 911,500 | -,052  | ,959 |
| 2018 | 2004 | 26,000  | 491,000 | -6,302 | ,000 |
|      | 2005 | 22,000  | 487,000 | -6,339 | ,000 |
|      | 2006 | 26,000  | 491,000 | -6,270 | ,000 |
|      | 2007 | 46,000  | 511,000 | -6,087 | ,000 |
|      | 2008 | 61,000  | 526,000 | -5,789 | ,000 |
|      | 2015 | 417,000 | 882,000 | -,489  | ,625 |
|      | 2016 | 356,500 | 821,500 | -1,394 | ,163 |
|      | 2017 | 414,500 | 879,500 | -,525  | ,599 |
|      | 2019 | 436,000 | 901,000 | -,207  | ,836 |
| 2019 | 2004 | 63,000  | 528,000 | -5,752 | ,000 |
|      | 2005 | 66,000  | 531,000 | -5,687 | ,000 |
|      | 2006 | 53,000  | 518,000 | -5,870 | ,000 |
|      | 2007 | 98,000  | 563,000 | -5,303 | ,000 |
|      | 2008 | 109,000 | 574,000 | -5,074 | ,000 |
|      | 2015 | 392,500 | 857,500 | -,852  | ,394 |
|      | 2016 | 377,500 | 842,500 | -1,082 | ,279 |
|      | 2017 | 446,500 | 911,500 | -,052  | ,959 |
|      | 2018 | 436,000 | 901,000 | -,207  | ,836 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 27 evidencia que el 66.67 % de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de Plomo, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

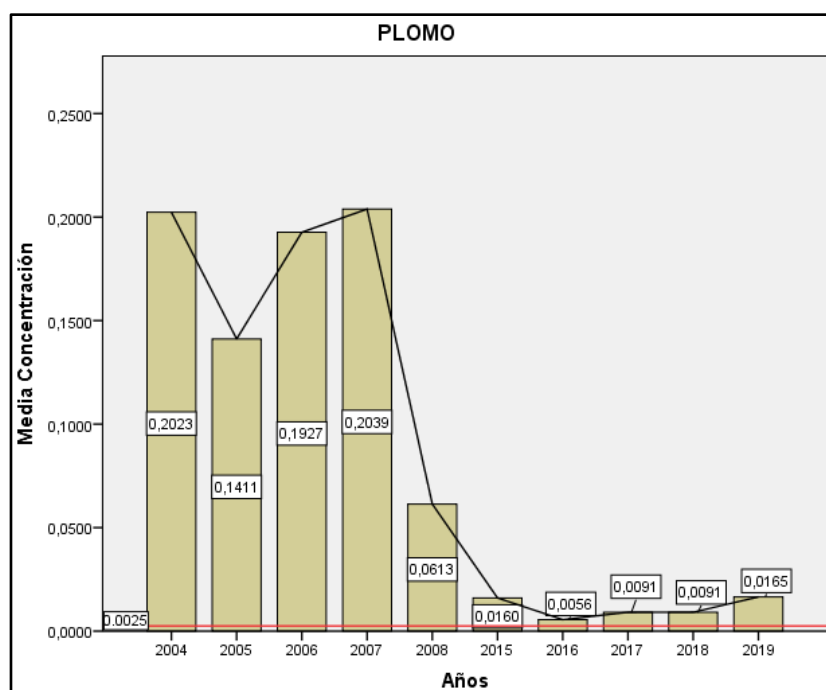


Ilustración 17: Evaluación del ECA para plomo  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 17 se muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración es la del año 2007, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2016, se observa que en los periodos de 2004 a 2008 existe los mayores valores, mientras que en los años 2015 a 2019 muestra los menores valores, para ambos casos dichos valores superan el ECA.

## PRUEBA DE CORRELACIÓN

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 28

Correlación entre las concentraciones de plomo y años

| Correlaciones   |               |                             | Año     | Concentración |
|-----------------|---------------|-----------------------------|---------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coefficiente de correlación | 1,000   | -,707**       |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .       | ,000          |
|                 | Concentración | N                           | 300     | 300           |
|                 |               | Coefficiente de correlación | -,707** | 1,000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | ,000    | .             |
|                 |               | N                           | 300     | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan inversamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son altas y para el segundo bajan significativamente.

## ZINC

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 29

*Prueba de normalidad para Zinc*

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | Gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,221                            | 30 | ,001 | ,722         | 30 | ,000 |
| 2005 | ,246                            | 30 | ,000 | ,698         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,306                            | 30 | ,000 | ,613         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,430                            | 30 | ,000 | ,307         | 30 | ,000 |
| 2008 | ,354                            | 30 | ,000 | ,515         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,335                            | 30 | ,000 | ,410         | 30 | ,000 |
| 2016 | ,228                            | 30 | ,000 | ,693         | 30 | ,000 |
| 2017 | ,491                            | 30 | ,000 | ,267         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,489                            | 30 | ,000 | ,232         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,477                            | 30 | ,000 | ,213         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba nos da a conocer que los datos siguen una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de zinc son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de zinc es diferente de los demás años.

Tabla 30

*Tabla de Kruskal-Wallis para Zinc*

| Resumen de Prueba de Hipótesis |                                                                                   |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                    | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de concentración de zinc es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de zinc es diferente de los demás años.

## U DE MANN-WHITNEY

### Hipótesis de investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta  $H_0$ ).

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza  $H_0$ )

Tabla 31

Tabla de U Mann-Whitney para Zinc

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig. |
|------|------|-------------------|---------------|--------|------|
| 2004 | 2005 | 420,500           | 885,500       | -,436  | ,663 |
|      | 2006 | 448,000           | 913,000       | -,030  | ,976 |
|      | 2007 | 360,000           | 825,000       | .1,331 | ,183 |
|      | 2008 | 362,000           | 826,000       | -1,317 | ,188 |
|      | 2015 | 149,500           | 614,500       | -4,443 | ,000 |
|      | 2016 | 156,000           | 621,000       | -4,347 | ,000 |
|      | 2017 | 125,000           | 590,000       | -4,808 | ,000 |
|      | 2018 | 120,000           | 585,000       | -4,879 | ,000 |
|      | 2019 | 120,000           | 585,000       | -4,881 | ,000 |
| 2005 | 2004 | 420,500           | 885,500       | -,436  | ,663 |
|      | 2006 | 412,500           | 877,500       | -,555  | ,579 |
|      | 2007 | 402,500           | 867,500       | -,703  | ,482 |
|      | 2008 | 408,000           | 873,000       | -,621  | ,534 |
|      | 2015 | 174,000           | 639,000       | -4,081 | ,000 |
|      | 2016 | 190,500           | 655,500       | -3,837 | ,000 |
|      | 2017 | 140,000           | 605,000       | -4,586 | ,000 |
|      | 2018 | 135,000           | 600,000       | -4,658 | ,000 |
|      | 2019 | 132,000           | 597,000       | -4,703 | ,000 |
| 2006 | 2004 | 448,000           | 913,000       | -,030  | ,976 |
|      | 2005 | 412,500           | 877,500       | -,555  | ,579 |
|      | 2007 | 364,500           | 829,500       | -1,264 | ,206 |
|      | 2008 | 380,500           | 845,500       | -1,028 | ,304 |
|      | 2015 | 124,000           | 589,000       | -4,820 | ,000 |
|      | 2016 | 135,000           | 600,000       | -4,657 | ,000 |
|      | 2017 | 98,000            | 563,000       | -5,207 | ,000 |
|      | 2018 | 96,000            | 561,000       | -5,234 | ,000 |
|      | 2019 | 98,000            | 563,000       | -5,206 | ,000 |
| 2007 | 2004 | 360,000           | 825,000       | .1,331 | ,183 |
|      | 2005 | 402,500           | 867,500       | -,703  | ,482 |
|      | 2006 | 364,500           | 829,500       | -1,264 | ,206 |
|      | 2008 | 444,000           | 909,000       | -,089  | ,929 |
|      | 2015 | 173,500           | 638,500       | -4,089 | ,000 |
|      | 2016 | 195,000           | 660,000       | -3,770 | ,000 |
|      | 2017 | 132,000           | 597,000       | -4,704 | ,000 |
|      | 2018 | 130,000           | 595,000       | -4,732 | ,000 |



|      |      |         |         |        |      |
|------|------|---------|---------|--------|------|
|      | 2019 | 136,000 | 601,000 | -4,644 | ,000 |
| 2008 | 2004 | 362,000 | 826,000 | -1,317 | ,188 |
|      | 2005 | 408,000 | 873,000 | -,621  | ,534 |
|      | 2006 | 380,500 | 845,500 | -1,028 | ,304 |
|      | 2007 | 444,000 | 909,000 | -,089  | ,929 |
|      | 2015 | 195,000 | 660,000 | -3,771 | ,000 |
|      | 2016 | 194,500 | 659,500 | -3,778 | ,000 |
|      | 2017 | 157,000 | 622,000 | -4,335 | ,000 |
|      | 2018 | 154,000 | 619,000 | -4,377 | ,000 |
|      | 2019 | 147,500 | 612,500 | -4,475 | ,000 |
| 2015 | 2004 | 149,500 | 614,500 | -4,443 | ,000 |
|      | 2005 | 124,000 | 589,000 | -4,820 | ,000 |
|      | 2006 | 124,000 | 589,000 | -4,820 | ,000 |
|      | 2007 | 173,500 | 638,500 | -4,089 | ,000 |
|      | 2008 | 195,000 | 660,000 | -3,771 | ,000 |
|      | 2016 | 423,500 | 888,500 | -,392  | ,695 |
|      | 2017 | 371,000 | 836,000 | -1,169 | ,243 |
|      | 2018 | 377,000 | 842,000 | -1,079 | ,280 |
|      | 2019 | 357,000 | 822,000 | -1,376 | ,169 |
| 2016 | 2004 | 149,500 | 614,500 | -4,443 | ,000 |
|      | 2005 | 174,000 | 639,000 | -4,081 | ,000 |
|      | 2006 | 124,000 | 589,000 | -4,820 | ,000 |
|      | 2007 | 173,500 | 638,500 | -4,089 | ,000 |
|      | 2008 | 194,500 | 659,500 | -3,778 | ,000 |
|      | 2015 | 423,500 | 888,500 | -,392  | ,695 |
|      | 2017 | 346,000 | 811,000 | -1,539 | ,124 |
|      | 2018 | 359,500 | 824,500 | -1,338 | ,181 |
|      | 2019 | 349,000 | 814,000 | -1,494 | ,135 |
| 2017 | 2004 | 125,000 | 590,000 | -4,808 | ,000 |
|      | 2005 | 140,000 | 605,000 | -4,586 | ,000 |
|      | 2006 | 98,000  | 563,000 | -5,207 | ,000 |
|      | 2007 | 132,000 | 597,000 | -4,704 | ,000 |
|      | 2008 | 157,000 | 622,000 | -4,335 | ,000 |
|      | 2015 | 371,000 | 836,000 | -1,169 | ,243 |
|      | 2016 | 346,000 | 811,000 | -1,539 | ,124 |
|      | 2018 | 427,000 | 892,000 | -,341  | ,733 |
|      | 2019 | 438,000 | 903,000 | -,178  | ,859 |
| 2018 | 2004 | 120,000 | 585,000 | -4,879 | ,000 |
|      | 2005 | 135,000 | 600,000 | -4,658 | ,000 |
|      | 2006 | 96,000  | 561,000 | -5,234 | ,000 |
|      | 2007 | 130,000 | 595,000 | -4,732 | ,000 |
|      | 2008 | 154,000 | 619,000 | -4,377 | ,000 |
|      | 2015 | 377,000 | 842,000 | -1,079 | ,280 |
|      | 2016 | 359,500 | 824,500 | -1,338 | ,181 |
|      | 2017 | 427,000 | 892,000 | -,341  | ,733 |
|      | 2019 | 433,500 | 898,500 | -,244  | ,807 |
| 2019 | 2004 | 120,000 | 585,000 | -4,881 | ,000 |
|      | 2005 | 132,000 | 597,000 | -4,703 | ,000 |
|      | 2006 | 98,000  | 563,000 | -5,206 | ,000 |
|      | 2007 | 136,000 | 601,000 | -4,644 | ,000 |
|      | 2008 | 147,500 | 612,500 | -4,475 | ,000 |
|      | 2015 | 357,000 | 822,000 | -1,376 | ,169 |
|      | 2016 | 349,000 | 814,000 | -1,494 | ,135 |
|      | 2017 | 438,000 | 903,000 | -,178  | ,859 |
|      | 2018 | 433,500 | 898,500 | -,244  | ,807 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 31 evidencia que el 55.6% de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de Zinc, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

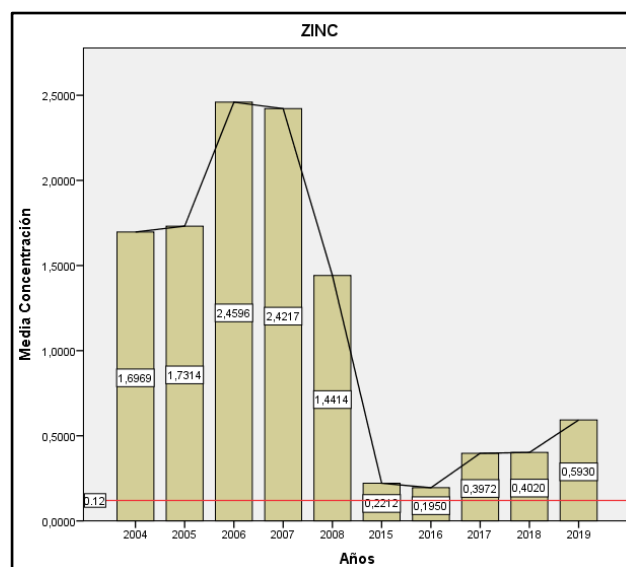


Ilustración 18: Evaluación del ECA para Zinc  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 18, se muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración es la del año 2006, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2016, se observa que en los periodos de 2004 a 2008 existe los mayores valores, mientras que en los años 2015 a 2019 muestra los menores valores, para ambos casos dichos valores superan el ECA.

## PRUEBA DE REGRESION LINEAL

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 32

Correlación entre las concentraciones de Zinc y años

| Correlaciones   |               |                            | Año     | Concentración |
|-----------------|---------------|----------------------------|---------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coeficiente de correlación | 1.000   | -.557**       |
|                 |               | Sig. (bilateral)           | .       | <.001         |
|                 |               | N                          | 300     | 300           |
|                 | Concentración | Coeficiente de correlación | -.557** | 1.000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)           | <.001   | .             |
|                 |               | N                          | 300     | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan inversamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son altas y para el segundo bajan significativamente.

## pH

## PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 33

Prueba de normalidad para pH

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,246                            | 30 | ,000  | ,607         | 30 | ,000 |
| 2005 | ,301                            | 30 | ,000  | ,532         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,305                            | 30 | ,000  | ,555         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,308                            | 30 | ,000  | ,572         | 30 | ,000 |
| 2008 | ,229                            | 30 | ,000  | ,785         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,131                            | 30 | ,200* | ,962         | 30 | ,347 |
| 2016 | ,124                            | 30 | ,200* | ,914         | 30 | ,019 |
| 2017 | ,323                            | 30 | ,000  | ,646         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,194                            | 30 | ,005  | ,708         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,124                            | 30 | ,200* | ,936         | 30 | ,069 |

Nota: \*. Este es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestra que solo 2 valores de significancia siguen una distribución paramétrica de manera que conforme a la teoría se considerará como una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

## KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de pH son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de pH es diferente de los demás años.

Tabla 34

Tabla de Kruskal-Wallis para pH

| Resumen de Prueba de Hipótesis |                                                                                 |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                  | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de concentración de pH es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de pH es diferente de los demás años.

## U DE MANN-WHITNEY

### Hipótesis de Investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta  $H_0$ ).

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza  $H_0$ ).

Tabla 35

Tabla de U Mann-Whitney para pH

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig. |
|------|------|-------------------|---------------|--------|------|
| 2004 | 2005 | 226,000           | 691,000       | -3,313 | ,001 |
|      | 2006 | 222,000           | 687,000       | -3,373 | ,001 |
|      | 2007 | 284,500           | 749,500       | -2,452 | ,014 |
|      | 2008 | 280,000           | 745,000       | -2,515 | ,012 |
|      | 2015 | 401,000           | 866,000       | -,725  | ,469 |
|      | 2016 | 356,000           | 821,000       | -1,391 | ,164 |
|      | 2017 | 230,000           | 695,000       | -3,258 | ,001 |
|      | 2018 | 238,000           | 703,000       | -3,135 | ,002 |
|      | 2019 | 351,000           | 816,000       | -1,464 | ,143 |
| 2005 | 2004 | 226,000           | 691,000       | -3,313 | ,001 |
|      | 2006 | 398,000           | 863,000       | -,769  | ,442 |
|      | 2007 | 337,500           | 802,500       | -1,666 | ,096 |
|      | 2008 | 434,500           | 899,500       | -,299  | ,819 |
|      | 2015 | 91,000            | 556,000       | -5,308 | ,000 |
|      | 2016 | 46,500            | 511,500       | -5,967 | ,000 |
|      | 2017 | 42,000            | 507,000       | -6,036 | ,000 |
|      | 2018 | 44,500            | 509,500       | -5,996 | ,000 |
|      | 2019 | 41,000            | 506,000       | -6,048 | ,000 |
| 2006 | 2004 | 222,000           | 687,000       | -3,373 | ,001 |
|      | 2005 | 398,000           | 863,000       | -,769  | ,442 |
|      | 2007 | 288,500           | 753,500       | -2,396 | ,017 |
|      | 2008 | 448,500           | 913,500       | -,022  | ,982 |
|      | 2015 | 82,500            | 547,500       | -5,436 | ,000 |
|      | 2016 | 52,000            | 517,000       | -5,887 | ,000 |
|      | 2017 | 55,500            | 520,500       | -5,838 | ,000 |
|      | 2018 | 54,000            | 519,000       | -5,857 | ,000 |
|      | 2019 | 46,000            | 511,000       | -5,975 | ,000 |
| 2007 | 2004 | 284,500           | 749,500       | -2,452 | ,014 |
|      | 2005 | 337,500           | 802,500       | -1,666 | ,096 |
|      | 2006 | 288,500           | 753,500       | -2,396 | ,017 |
|      | 2008 | 339,000           | 804,000       | -1,647 | ,100 |
|      | 2015 | 168,500           | 633,500       | -4,168 | ,000 |
|      | 2016 | 105,500           | 570,500       | -5,101 | ,000 |
|      | 2017 | 78,000            | 543,000       | -5,510 | ,000 |
|      | 2018 | 96,500            | 561,500       | -5,233 | ,000 |
|      | 2019 | 112,500           | 577,500       | -4,996 | ,000 |

|      |      |         |         |        |      |
|------|------|---------|---------|--------|------|
| 2008 | 2004 | 280,000 | 745,000 | -2,515 | ,012 |
|      | 2005 | 434,500 | 899,500 | -,299  | ,819 |
|      | 2006 | 448,500 | 913,500 | -,022  | ,982 |
|      | 2007 | 339,000 | 804,000 | -1,647 | ,100 |
|      | 2015 | 165,500 | 630,500 | -4,207 | ,000 |
|      | 2016 | 138,500 | 603,500 | -4,607 | ,000 |
|      | 2017 | 97,500  | 562,500 | -5,216 | ,000 |
|      | 2018 | 110,000 | 575,000 | -5,028 | ,000 |
|      | 2019 | 147,000 | 612,000 | -4,481 | ,000 |
| 2015 | 2004 | 401,000 | 866,000 | -,725  | ,469 |
|      | 2005 | 91,000  | 556,000 | -5,308 | ,000 |
|      | 2006 | 82,500  | 547,500 | -5,436 | ,000 |
|      | 2007 | 168,500 | 633,500 | -4,168 | ,000 |
|      | 2008 | 165,500 | 630,500 | -4,207 | ,000 |
|      | 2016 | 380,500 | 845,500 | -1,028 | ,304 |
|      | 2017 | 231,000 | 696,000 | -3,240 | ,001 |
|      | 2018 | 266,000 | 731,000 | -2,721 | ,007 |
|      | 2019 | 408,000 | 873,000 | -,621  | ,535 |
| 2016 | 2004 | 356,000 | 821,000 | -1,391 | ,164 |
|      | 2005 | 46,500  | 511,500 | -5,967 | ,000 |
|      | 2006 | 52,000  | 517,000 | -5,887 | ,000 |
|      | 2007 | 105,500 | 570,500 | -5,101 | ,000 |
|      | 2008 | 138,500 | 603,500 | -4,607 | ,000 |
|      | 2015 | 380,500 | 845,500 | -1,028 | ,304 |
|      | 2017 | 241,500 | 706,500 | -3,085 | ,002 |
|      | 2018 | 285,500 | 750,500 | -2,433 | ,015 |
|      | 2019 | 440,000 | 905,000 | -,148  | ,882 |
| 2017 | 2004 | 230,000 | 695,000 | -3,258 | ,001 |
|      | 2005 | 42,000  | 507,000 | -6,036 | ,000 |
|      | 2006 | 55,500  | 520,500 | -5,838 | ,000 |
|      | 2007 | 78,000  | 543,000 | -5,510 | ,000 |
|      | 2008 | 97,500  | 562,500 | -5,216 | ,000 |
|      | 2015 | 231,000 | 696,000 | -3,240 | ,001 |
|      | 2016 | 241,500 | 706,500 | -3,085 | ,002 |
|      | 2018 | 431,000 | 896,000 | -,281  | ,779 |
|      | 2019 | 287,000 | 752,000 | -2,412 | ,016 |
| 2018 | 2004 | 238,000 | 703,000 | -3,135 | ,002 |
|      | 2005 | 44,500  | 509,500 | -5,996 | ,000 |
|      | 2006 | 54,000  | 519,000 | -5,857 | ,000 |
|      | 2007 | 96,500  | 561,500 | -5,233 | ,000 |
|      | 2008 | 110,000 | 575,000 | -5,028 | ,000 |
|      | 2015 | 266,000 | 731,000 | -2,721 | ,007 |
|      | 2016 | 285,500 | 750,500 | -2,433 | ,015 |
|      | 2017 | 431,000 | 896,000 | -,281  | ,779 |
|      | 2019 | 300,500 | 765,500 | -2,211 | ,027 |
| 2019 | 2004 | 351,000 | 816,000 | -1,464 | ,143 |
|      | 2005 | 41,000  | 506,000 | -6,048 | ,000 |
|      | 2006 | 46,000  | 511,000 | -5,975 | ,000 |
|      | 2007 | 112,500 | 577,500 | -4,996 | ,000 |
|      | 2008 | 147,000 | 612,000 | -4,481 | ,000 |
|      | 2015 | 408,000 | 873,000 | -,621  | ,535 |
|      | 2016 | 440,000 | 905,000 | -,148  | ,882 |
|      | 2017 | 287,000 | 752,000 | -2,412 | ,016 |
|      | 2018 | 300,500 | 765,500 | -2,211 | ,027 |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 35 evidencia que el 73.4 % de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de pH, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

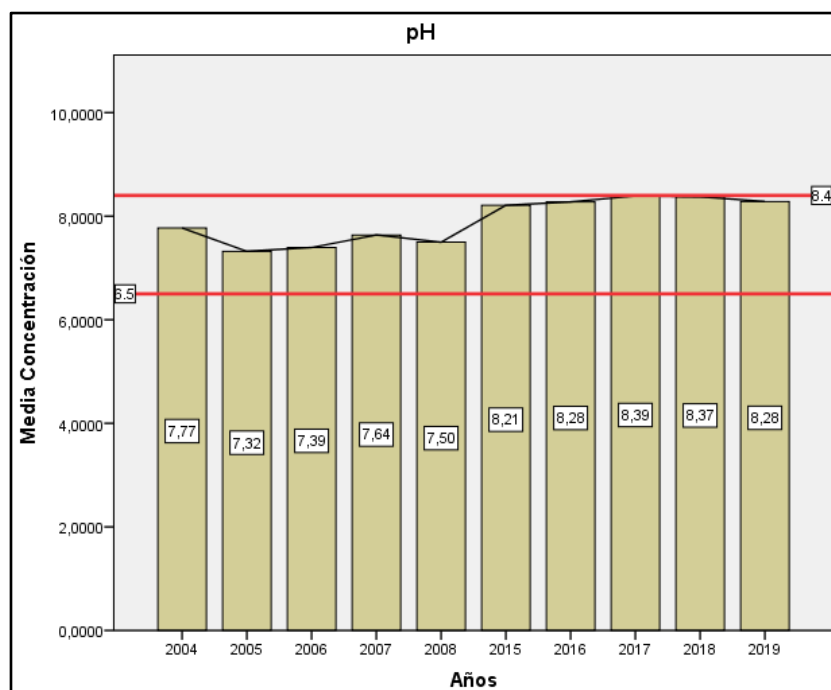


Ilustración 19: Evaluación del ECA para pH  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 19, se muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración es la del año 2017, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2005, se observa que en los periodos de 2004 a 2008 existe los menores valores, mientras que en los años 2015 a 2019 muestra los mayores valores, para ambos casos dichos valores no superan el ECA.

## PRUEBA DE REGRESION LINEAL

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 36

Correlación entre las concentraciones de pH y años

| Correlaciones   |               |                             | Año    | Concentración |
|-----------------|---------------|-----------------------------|--------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coefficiente de correlación | 1.000  | .511**        |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .      | <.001         |
|                 |               | N                           | 300    | 300           |
|                 | Concentración | Coefficiente de correlación | .511** | 1.000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | <.001  | .             |
|                 |               | N                           | 300    | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan directamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son bajas y para el segundo suben significativamente.

## TEMPERATURA

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 37

*Prueba de normalidad para Temperatura*

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,108                            | 30 | ,200* | ,903         | 30 | ,010 |
| 2005 | ,235                            | 30 | ,000  | ,819         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,237                            | 30 | ,000  | ,809         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,150                            | 30 | ,084  | ,850         | 30 | ,001 |
| 2008 | ,098                            | 30 | ,200* | ,958         | 30 | ,280 |
| 2015 | ,131                            | 30 | ,200* | ,963         | 30 | ,377 |
| 2016 | ,174                            | 30 | ,021  | ,924         | 30 | ,035 |
| 2017 | ,129                            | 30 | ,200* | ,928         | 30 | ,045 |
| 2018 | ,136                            | 30 | ,166  | ,966         | 30 | ,445 |
| 2019 | ,237                            | 30 | ,000  | ,834         | 30 | ,000 |

Nota: \*. Este es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de la significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla anterior, se muestra que solo tres valores de significancia siguen una distribución paramétrica de manera que conforme a la teoría se considerará como una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de temperatura son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de temperatura es diferente de los demás años.

Tabla 38

*Tabla de Kruskal Wallis para Temperatura*

#### Resumen de Prueba de Hipótesis

|   | Hipótesis nula                                                               | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
|---|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
| 1 | La distribución de las temperaturas es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

*Fuente: Elaboración propia*

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las temperaturas es diferente de los demás años.



## U DE MANN-WHITNEY

### Hipótesis de Investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta  $H_0$ ).

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza  $H_0$ ).

Tabla 39

Tabla de U Mann-Whitney para Temperatura

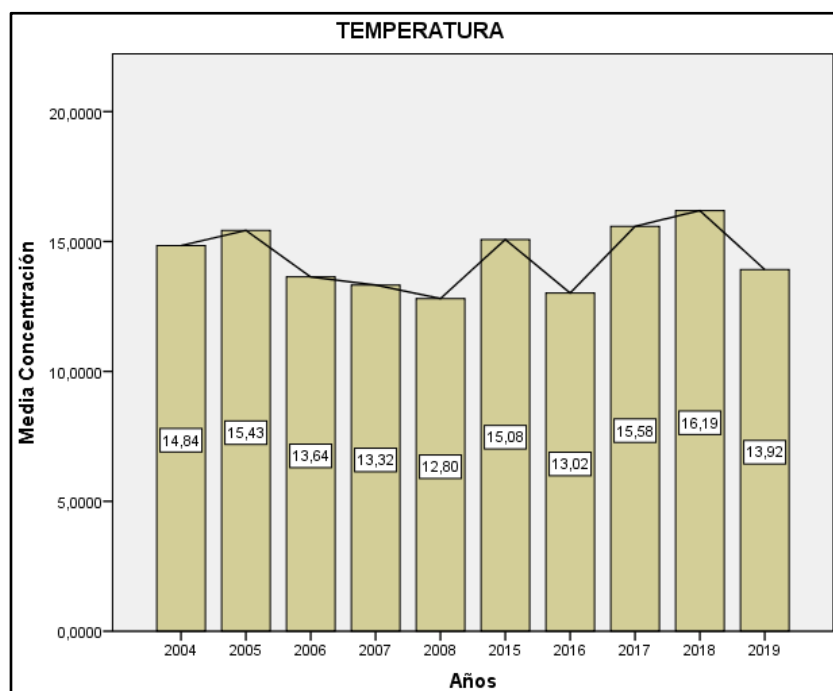
|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z       | Sig. |
|------|------|-------------------|---------------|---------|------|
| 2004 | 2005 | 430,000           | 895,000       | -,296   | ,767 |
|      | 2006 | 260,000           | 725,000       | -2,814  | ,005 |
|      | 2007 | 248,000           | 713,000       | -2,990  | ,003 |
|      | 2008 | 207,000           | 672,000       | -3,596  | ,000 |
|      | 2015 | 414,500           | 879,500       | -,525   | ,599 |
|      | 2016 | 227,000           | 692,000       | -3,303  | ,001 |
|      | 2017 | 370,000           | 835,000       | -1,185  | ,236 |
|      | 2018 | 315,000           | 780,000       | -1,998  | ,046 |
|      | 2019 | 311,000           | 776,000       | -2,057  | ,040 |
| 2005 | 2004 | 430,000           | 895,000       | -,296   | ,767 |
|      | 2006 | 263,500           | 728,500       | -2,758  | ,006 |
|      | 2007 | 277,500           | 742,500       | -2,551  | ,011 |
|      | 2008 | 261,500           | 726,500       | -2,788  | ,005 |
|      | 2015 | 397,500           | 862,500       | -,776   | ,438 |
|      | 2016 | 304,500           | 769,500       | -2,152  | ,031 |
|      | 2017 | 357,500           | 822,500       | -1,368  | ,171 |
|      | 2018 | 327,500           | 792,500       | -1,811  | ,070 |
|      | 2019 | 360,000           | 825,000       | -1,331  | ,183 |
| 2006 | 2004 | 260,000           | 725,000       | -2,814  | ,005 |
|      | 2005 | 263,500           | 728,500       | -2,758  | ,006 |
|      | 2007 | 386,500           | 851,500       | -,940   | ,347 |
|      | 2008 | 441,500           | 906,500       | -,126   | ,900 |
|      | 2015 | 254,000           | 719,000       | -2,899  | ,004 |
|      | 2016 | 377,500           | 842,500       | -1,073  | ,283 |
|      | 2017 | 219,000           | 684,000       | -3,417  | ,001 |
|      | 2018 | 216,500           | 681,500       | -3,4543 | ,001 |
|      | 2019 | 331,000           | 796,000       | -1,761  | ,078 |
| 2007 | 2004 | 248,000           | 713,000       | -2,990  | ,003 |
|      | 2005 | 277,500           | 742,500       | -2,551  | ,011 |
|      | 2006 | 386,500           | 851,500       | -,940   | ,347 |
|      | 2008 | 398,000           | 863,000       | -,769   | ,442 |
|      | 2015 | 220,500           | 685,500       | -3,394  | ,001 |
|      | 2016 | 447,500           | 912,500       | -,037   | ,970 |
|      | 2017 | 187,000           | 652,000       | -3,890  | ,000 |
|      | 2018 | 172,500           | 637,500       | -4,103  | ,000 |
|      | 2019 | 365,000           | 830,000       | -1,258  | ,209 |

|      |      |         |         |         |       |
|------|------|---------|---------|---------|-------|
| 2008 | 2004 | 207,000 | 672     | -3,596  | ,000  |
|      | 2005 | 261,500 | 726,500 | -2,788  | ,005  |
|      | 2006 | 441,500 | 906,500 | -,126   | ,900  |
|      | 2007 | 398,000 | 863,000 | -,769   | ,442  |
|      | 2015 | 197,000 | 662,000 | -3,741  | ,000  |
|      | 2016 | 401,500 | 866,500 | -,717   | ,473  |
|      | 2017 | 156,000 | 621,000 | -4,348  | ,000  |
|      | 2018 | 138,000 | 603,000 | -4,614  | ,000  |
|      | 2019 | 334,000 | 799,000 | -1,716  | 0,086 |
| 2015 | 2004 | 414,500 | 879,500 | -,525   | ,599  |
|      | 2005 | 397,500 | 862,500 | -,776   | ,438  |
|      | 2006 | 254,000 | 719,000 | -2,899  | ,004  |
|      | 2007 | 220,500 | 685,500 | -3,394  | ,001  |
|      | 2008 | 197,000 | 662,000 | -3,741  | ,000  |
|      | 2016 | 195,000 | 660,000 | -3,771  | ,000  |
|      | 2017 | 417,500 | 882,500 | -,481   | ,631  |
|      | 2018 | 351,000 | 816,000 | -1,464  | ,143  |
|      | 2019 | 283,000 | 748,000 | -2,469  | ,014  |
| 2016 | 2004 | 227,000 | 692,000 | -3,303  | ,001  |
|      | 2005 | 304,500 | 769,500 | -2,152  | ,031  |
|      | 2006 | 377,500 | 842,500 | -1,073  | ,283  |
|      | 2007 | 447,500 | 912,500 | -,037   | ,970  |
|      | 2008 | 401,500 | 866,500 | -,717   | ,473  |
|      | 2015 | 195,000 | 660,000 | -3,771  | ,000  |
|      | 2017 | 156,500 | 621,500 | -4,341  | ,000  |
|      | 2018 | 127,500 | 592,500 | -4,769  | ,000  |
|      | 2019 | 387,500 | 852,500 | -,925   | ,355  |
| 2017 | 2004 | 370,000 | 835,000 | -1,185  | ,236  |
|      | 2005 | 357,500 | 822,500 | -1,368  | ,171  |
|      | 2006 | 219,000 | 684,000 | -3,417  | ,001  |
|      | 2007 | 187,000 | 652,000 | -3,890  | ,000  |
|      | 2008 | 156,000 | 621,000 | -4,348  | ,000  |
|      | 2015 | 417,500 | 882,500 | -,481   | ,631  |
|      | 2016 | 156,500 | 621,500 | -4,341  | ,000  |
|      | 2018 | 393,500 | 858,500 | -,836   | ,403  |
|      | 2019 | 243,000 | 708,000 | -3,062  | ,002  |
| 2018 | 2004 | 315,000 | 780,000 | -1,998  | ,046  |
|      | 2005 | 327,500 | 792,500 | -1,811  | ,070  |
|      | 2006 | 216,500 | 681,500 | -3,4543 | ,001  |
|      | 2007 | 172,500 | 637,500 | -4,103  | ,000  |
|      | 2008 | 138,000 | 603,000 | -4,614  | ,000  |
|      | 2015 | 351,000 | 816,000 | -1,464  | ,143  |
|      | 2016 | 127,500 | 592,500 | -4,769  | ,000  |
|      | 2017 | 393,500 | 858,500 | -,836   | ,403  |
|      | 2019 | 217,500 | 682,500 | -3,439  | ,001  |
| 2019 | 2004 | 311,000 | 776,000 | -2,057  | ,040  |
|      | 2005 | 360,000 | 825,000 | -1,331  | ,183  |
|      | 2006 | 331,000 | 796,000 | -1,761  | ,078  |
|      | 2007 | 365,000 | 830,000 | -1,258  | ,209  |
|      | 2008 | 334,000 | 799,000 | -1,716  | 0,086 |
|      | 2015 | 283,000 | 748,000 | -2,469  | ,014  |
|      | 2016 | 387,500 | 852,500 | -,925   | ,355  |
|      | 2017 | 243,000 | 708,000 | -3,062  | ,002  |
|      | 2018 | 217,500 | 682,500 | -3,439  | ,001  |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 39 evidencia que el 56.7% de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de Temperatura, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA



*Ilustración 20: Evaluación del ECA para Temperatura*  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 20 se muestra que la mayor media anual (Promedio) de concentración es la del año 2018, mientras que la menor concentración se encuentra en el año 2008, se observa que en los periodos de 2004 a 2008 existen los menores valores, mientras que en los años 2015 a 2019 muestra los mayores valores.

## PRUEBA DE REGRESION LINEAL

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 40

*Correlación entre las concentraciones de temperatura y años*

| Correlaciones   |               |                             | Año   | Concentración |
|-----------------|---------------|-----------------------------|-------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coefficiente de correlación | 1.000 | .095          |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .     | .101          |
|                 |               | N                           | 300   | 300           |
|                 | Concentración | Coefficiente de correlación | .095  | 1.000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .101  | .             |
|                 |               | N                           | 300   | 300           |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan directamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son bajas y para el segundo suben significativamente.

## CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 41

Prueba de normalidad para Conductividad eléctrica

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,234                            | 30 | ,000 | ,756         | 30 | ,000 |
| 2005 | ,289                            | 30 | ,000 | ,657         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,353                            | 30 | ,000 | ,672         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,240                            | 30 | ,000 | ,875         | 30 | ,002 |
| 2008 | ,162                            | 30 | ,044 | ,936         | 30 | ,073 |
| 2015 | ,250                            | 30 | ,000 | ,726         | 30 | ,000 |
| 2016 | ,178                            | 30 | ,016 | ,899         | 30 | ,008 |
| 2017 | ,350                            | 30 | ,000 | ,593         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,288                            | 30 | ,000 | ,729         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,335                            | 30 | ,000 | ,608         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestra que solo un valor de significancia sigue una distribución paramétrica de manera que conforme a la teoría se considerará como una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de conductividad eléctrica son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de conductividad eléctrica es diferente de los demás años.

Tabla 42

Tabla de Kruskal Wallis para Conductividad eléctrica

| Resumen de prueba de hipótesis |                                                                                            |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                             | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de las conductividades eléctricas es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de conductividad eléctrica es diferente de los demás años.

## U MANN –WHITNEY

### Hipótesis de investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta H<sub>0</sub>).

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza H<sub>0</sub>).

Tabla 43

Tabla de U Mann-Whitney para conductividad eléctrica

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig.         |
|------|------|-------------------|---------------|--------|--------------|
| 2004 | 2005 | 443.500           | 908.500       | -0.096 | <b>0.923</b> |
|      | 2006 | 441.500           | 906.500       | -0.126 | <b>0.900</b> |
|      | 2007 | 411.500           | 876.500       | -0.569 | <b>0.569</b> |
|      | 2008 | 403.500           | 868.500       | -0.687 | <b>0.492</b> |
|      | 2015 | 301.000           | 766.000       | -2.203 | <b>0.028</b> |
|      | 2016 | 433.500           | 898.500       | -0.244 | <b>0.807</b> |
|      | 2017 | 410.000           | 875.000       | -0.591 | <b>0.554</b> |
|      | 2018 | 441.500           | 906.500       | -0.126 | <b>0.900</b> |
|      | 2019 | 365.500           | 830.500       | -1.249 | <b>0.212</b> |
| 2005 | 2004 | 443.500           | 908.500       | -0.096 | <b>0.923</b> |
|      | 2006 | 449.500           | 914.500       | -0.007 | <b>0.994</b> |
|      | 2007 | 415.500           | 880.500       | -0.510 | <b>0.610</b> |
|      | 2008 | 404.500           | 869.500       | -0.673 | <b>0.501</b> |
|      | 2015 | 279.000           | 744.000       | -2.528 | <b>0.011</b> |
|      | 2016 | 418.000           | 883.000       | -0.473 | <b>0.636</b> |
|      | 2017 | 389.000           | 854.000       | -0.902 | <b>0.367</b> |
|      | 2018 | 434.000           | 899.000       | -0.237 | <b>0.813</b> |
|      | 2019 | 373.500           | 838.500       | -1.131 | <b>0.258</b> |
| 2006 | 2004 | 441.500           | 906.500       | -0.126 | <b>0.900</b> |
|      | 2005 | 449.500           | 914.500       | -0.007 | <b>0.994</b> |
|      | 2007 | 441.000           | 906.000       | -0.133 | <b>0.894</b> |
|      | 2008 | 435.000           | 900.000       | -0.222 | <b>0.824</b> |
|      | 2015 | 307.000           | 772.000       | -2.114 | <b>0.034</b> |
|      | 2016 | 428.000           | 893.000       | -0.325 | <b>0.745</b> |
|      | 2017 | 418.500           | 883.500       | -0.466 | <b>0.641</b> |
|      | 2018 | 448.000           | 913.000       | -0.030 | <b>0.976</b> |
|      | 2019 | 369.500           | 834.500       | -1.190 | <b>0.234</b> |
| 2007 | 2004 | 411.500           | 876.500       | -0.569 | <b>0.569</b> |
|      | 2005 | 415.500           | 880.500       | -0.510 | <b>0.610</b> |
|      | 2006 | 441.000           | 906.000       | -0.133 | <b>0.894</b> |
|      | 2008 | 434.000           | 899.000       | -0.237 | <b>0.813</b> |
|      | 2015 | 274.000           | 739.000       | -2.602 | <b>0.009</b> |
|      | 2016 | 399.500           | 864.500       | -0.747 | <b>0.455</b> |
|      | 2017 | 366.000           | 831.000       | -1.242 | <b>0.214</b> |
|      | 2018 | 414.500           | 879.500       | -0.525 | <b>0.600</b> |
|      | 2019 | 423.000           | 888.000       | -0.399 | <b>0.690</b> |

|      |      |         |         |        |                  |
|------|------|---------|---------|--------|------------------|
| 2008 | 2004 | 403.500 | 868.500 | -0.687 | <b>0.492</b>     |
|      | 2005 | 404.500 | 869.500 | -0.673 | <b>0.501</b>     |
|      | 2006 | 435.000 | 900.000 | -0.222 | <b>0.824</b>     |
|      | 2007 | 434.000 | 899.000 | -0.237 | <b>0.813</b>     |
|      | 2015 | 249.000 | 714.000 | -2.972 | <b>0.003</b>     |
|      | 2016 | 413.000 | 878.000 | -0.547 | <b>0.584</b>     |
|      | 2017 | 332.000 | 797.000 | -1.745 | <b>0.081</b>     |
|      | 2018 | 374.500 | 839.500 | -1.116 | <b>0.264</b>     |
|      | 2019 | 448.000 | 913.000 | -0.030 | <b>0.976</b>     |
| 2015 | 2004 | 301.000 | 766.000 | -2.203 | <b>0.028</b>     |
|      | 2005 | 279.000 | 744.000 | -2.528 | <b>0.011</b>     |
|      | 2006 | 307.000 | 772.000 | -2.114 | <b>0.034</b>     |
|      | 2007 | 274.000 | 739.000 | -2.602 | <b>0.009</b>     |
|      | 2008 | 249.000 | 714.000 | -2.972 | <b>0.003</b>     |
|      | 2016 | 268.000 | 733.000 | -2.691 | <b>0.007</b>     |
|      | 2017 | 322.000 | 787.000 | -1.892 | <b>0.058</b>     |
|      | 2018 | 264.000 | 729.000 | -2.750 | <b>0.006</b>     |
|      | 2019 | 174.000 | 639.000 | -4.081 | <b>&lt;0.001</b> |
| 2016 | 2004 | 433.500 | 898.500 | -0.244 | <b>0.807</b>     |
|      | 2005 | 418.000 | 883.000 | -0.473 | <b>0.636</b>     |
|      | 2006 | 428.000 | 893.000 | -0.325 | <b>0.745</b>     |
|      | 2007 | 399.500 | 864.500 | -0.747 | <b>0.455</b>     |
|      | 2008 | 413.000 | 878.000 | -0.547 | <b>0.584</b>     |
|      | 2015 | 268.000 | 733.000 | -2.691 | <b>0.007</b>     |
|      | 2017 | 343.000 | 808.000 | -1.582 | <b>0.114</b>     |
|      | 2018 | 379.000 | 844.000 | -1.050 | <b>0.294</b>     |
|      | 2019 | 444.000 | 909.000 | -0.089 | <b>0.929</b>     |
| 2017 | 2004 | 410.000 | 875.000 | -0.591 | <b>0.554</b>     |
|      | 2005 | 389.000 | 854.000 | -0.902 | <b>0.367</b>     |
|      | 2006 | 418.500 | 883.500 | -0.466 | <b>0.641</b>     |
|      | 2007 | 366.000 | 831.000 | -1.242 | <b>0.214</b>     |
|      | 2008 | 332.000 | 797.000 | -1.745 | <b>0.081</b>     |
|      | 2015 | 322.000 | 787.000 | -1.892 | <b>0.058</b>     |
|      | 2016 | 343.000 | 808.000 | -1.582 | <b>0.114</b>     |
|      | 2018 | 361.000 | 826.000 | -1.316 | <b>0.188</b>     |
|      | 2019 | 263.000 | 728.000 | -2.765 | <b>0.006</b>     |
| 2018 | 2004 | 441.500 | 906.500 | -0.126 | <b>0.900</b>     |
|      | 2005 | 434.000 | 899.000 | -0.237 | <b>0.813</b>     |
|      | 2006 | 448.000 | 913.000 | -0.030 | <b>0.976</b>     |
|      | 2007 | 414.500 | 879.500 | -0.525 | <b>0.600</b>     |
|      | 2008 | 374.500 | 839.500 | -1.116 | <b>0.264</b>     |
|      | 2015 | 264.000 | 729.000 | -2.750 | <b>0.006</b>     |
|      | 2016 | 379.000 | 844.000 | -1.050 | <b>0.294</b>     |
|      | 2017 | 361.000 | 826.000 | -1.316 | <b>0.188</b>     |
|      | 2019 | 362.000 | 827.000 | -1.301 | <b>0.193</b>     |
| 2019 | 2004 | 365.500 | 830.500 | -1.249 | <b>0.212</b>     |
|      | 2005 | 373.500 | 838.500 | -1.131 | <b>0.258</b>     |
|      | 2006 | 369.500 | 834.500 | -1.190 | <b>0.234</b>     |
|      | 2007 | 423.000 | 888.000 | -0.399 | <b>0.690</b>     |
|      | 2008 | 448.000 | 913.000 | -0.030 | <b>0.976</b>     |
|      | 2015 | 174.000 | 639.000 | -4.081 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2016 | 444.000 | 909.000 | -0.089 | <b>0.929</b>     |
|      | 2017 | 263.000 | 728.000 | -2.765 | <b>0.006</b>     |
|      | 2018 | 362.000 | 827.000 | -1.301 | <b>0.193</b>     |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 43 evidencia que el 21.1% de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de conductividad eléctrica, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

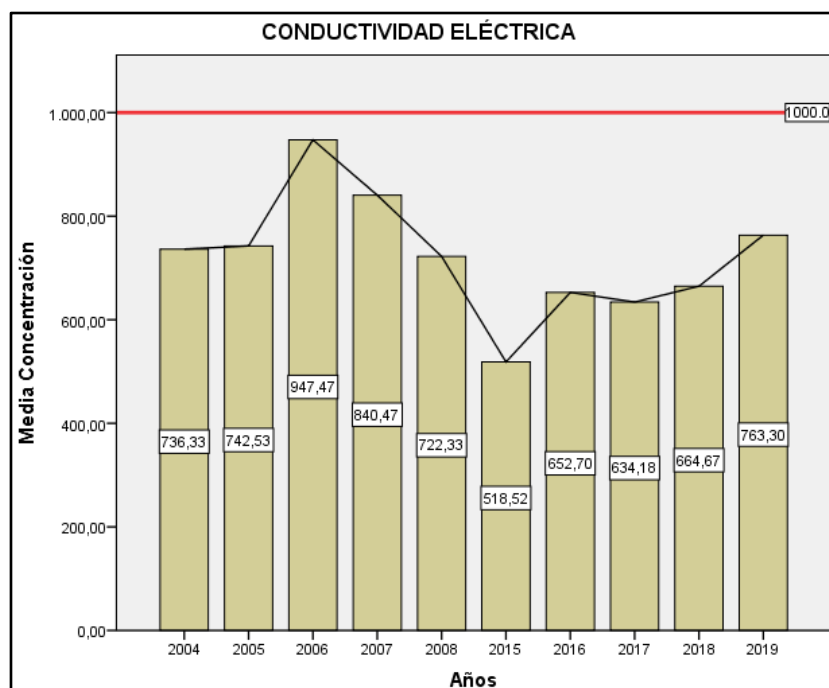


Ilustración 21: Evaluación del ECA para Conductividad eléctrica  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 21, se puede ver que ninguna de la media anual (Promedio) de las concentraciones del parámetro de conductividad eléctrica supera el ECA.

## PRUEBA DE REGRESIÓN LINEAL

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 44

Correlación entre las concentraciones de conductividad eléctrica y años

| Correlaciones   |               |                             | Año   | Concentración |
|-----------------|---------------|-----------------------------|-------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coefficiente de correlación | 1.000 | .005          |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .     | .927          |
|                 |               | N                           | 300   | 300           |
|                 | Concentración | Coefficiente de correlación | .005  | 1.000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .927  | .             |
|                 |               | N                           | 300   | 300           |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan directamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son bajas y para el segundo suben significativamente.

## OXÍGENO DISUELTO

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 45

Prueba de normalidad para Oxígeno disuelto

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,086                            | 30 | ,200* | ,967         | 30 | ,469 |
| 2005 | ,257                            | 30 | ,000  | ,765         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,126                            | 30 | ,200* | ,957         | 30 | ,266 |
| 2007 | ,135                            | 30 | ,173  | ,925         | 30 | ,036 |
| 2008 | ,292                            | 30 | ,000  | ,645         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,080                            | 30 | ,200* | ,979         | 30 | ,807 |
| 2016 | ,087                            | 30 | ,200* | ,956         | 30 | ,241 |
| 2017 | ,164                            | 30 | ,039  | ,908         | 30 | ,013 |
| 2018 | ,114                            | 30 | ,200* | ,946         | 30 | ,130 |
| 2019 | ,285                            | 30 | ,000  | ,688         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestra que solo 5 valores de significancia siguen una distribución paramétrica de manera que conforme a la teoría se considerará como una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de oxígeno disuelto son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de oxígeno disuelto es diferente de los demás años.

Tabla 46

Tabla de Kruskal-Wallis para Oxígeno disuelto

| Resumen de Prueba de Hipótesis |                                                                                    |                                                      |       |                             |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                                | Hipótesis nula                                                                     | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
| 1                              | La distribución de los oxígenos disueltos es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de oxígeno disuelto es diferente de los demás años.



## U MANN –WHITNEY

### Hipótesis de investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta  $H_0$ ).

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza  $H_0$ ).

Tabla 47

Tabla de U Mann-Whitney para oxígeno disuelto

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig.   |
|------|------|-------------------|---------------|--------|--------|
| 2004 | 2005 | 221.500           | 686.500       | -3.379 | <0.001 |
|      | 2006 | 58.500            | 523.500       | -5.789 | <0.001 |
|      | 2007 | 102.500           | 567.500       | -5.138 | <0.001 |
|      | 2008 | 386.500           | 851.500       | -0.939 | 0.348  |
|      | 2015 | 395.000           | 860.000       | -0.813 | 0.416  |
|      | 2016 | 377.500           | 842.500       | -1.072 | 0.284  |
|      | 2017 | 279.000           | 744.000       | -2.529 | 0.011  |
|      | 2018 | 255.500           | 720.500       | -2.876 | 0.004  |
|      | 2019 | 357.500           | 822.500       | -1.368 | 0.171  |
| 2005 | 2004 | 221.500           | 686.500       | -3.379 | <0.001 |
|      | 2006 | 353.500           | 818.500       | -1.427 | 0.154  |
|      | 2007 | 331.500           | 796.500       | -1.752 | 0.080  |
|      | 2008 | 291.500           | 756.500       | -2.344 | 0.019  |
|      | 2015 | 181.000           | 646.000       | -3.977 | <0.001 |
|      | 2016 | 192.500           | 657.500       | -3.808 | <0.001 |
|      | 2017 | 392.500           | 857.500       | -0.850 | 0.395  |
|      | 2018 | 297.000           | 762.000       | -2.262 | 0.024  |
|      | 2019 | 191.500           | 656.500       | -3.822 | <0.001 |
| 2006 | 2004 | 58.500            | 523.500       | -5.789 | <0.001 |
|      | 2005 | 353.500           | 818.500       | -1.427 | 0.154  |
|      | 2007 | 158.500           | 623.500       | -4.311 | <0.001 |
|      | 2008 | 92.000            | 557.000       | -5.293 | <0.001 |
|      | 2015 | 8.000             | 473.000       | -6.535 | <0.001 |
|      | 2016 | 0.000             | 465.000       | -6.654 | <0.001 |
|      | 2017 | 241.500           | 706.500       | -3.083 | 0.002  |
|      | 2018 | 95.000            | 560.000       | -5.249 | <0.001 |
|      | 2019 | 59.000            | 524.000       | -5.781 | <0.001 |
| 2007 | 2004 | 102.500           | 567.500       | -5.138 | <0.001 |
|      | 2005 | 331.500           | 796.500       | -1.752 | 0.080  |
|      | 2006 | 158.500           | 623.500       | -4.311 | <0.001 |
|      | 2008 | 98.000            | 563.000       | -5.205 | <0.001 |
|      | 2015 | 27.000            | 492.000       | -6.255 | <0.001 |
|      | 2016 | 0.000             | 465.000       | -6.654 | <0.001 |
|      | 2017 | 364.500           | 829.500       | -1.264 | 0.206  |
|      | 2018 | 209.500           | 674.500       | -3.556 | <0.001 |
|      | 2019 | 87.000            | 552.000       | -5.367 | <0.001 |

|      |      |         |         |        |                  |
|------|------|---------|---------|--------|------------------|
| 2008 | 2004 | 386.500 | 851.500 | -0.939 | <b>0.348</b>     |
|      | 2005 | 291.500 | 756.500 | -2.344 | <b>0.019</b>     |
|      | 2006 | 92.000  | 557.000 | -5.293 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2007 | 98.000  | 563.000 | -5.205 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2015 | 297.500 | 762.500 | -2.255 | <b>0.024</b>     |
|      | 2016 | 189.000 | 654.000 | -3.859 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2017 | 334.000 | 799.000 | -1.715 | <b>0.086</b>     |
|      | 2018 | 264.000 | 729.000 | -2.750 | <b>0.006</b>     |
|      | 2019 | 141.000 | 606.000 | -4.569 | <b>&lt;0.001</b> |
| 2015 | 2004 | 395.000 | 860.000 | -0.813 | <b>0.416</b>     |
|      | 2005 | 181.000 | 646.000 | -3.977 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2006 | 8.000   | 473.000 | -6.535 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2007 | 27.000  | 492.000 | -6.255 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2008 | 297.500 | 762.500 | -2.255 | <b>0.024</b>     |
|      | 2016 | 430.000 | 895.000 | -0.296 | <b>0.767</b>     |
|      | 2017 | 228.000 | 693.000 | -3.283 | <b>0.001</b>     |
|      | 2018 | 169.000 | 634.000 | -4.155 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2019 | 368.500 | 833.500 | -1.205 | <b>0.228</b>     |
| 2016 | 2004 | 377.500 | 842.500 | -1.072 | <b>0.284</b>     |
|      | 2005 | 192.500 | 657.500 | -3.808 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2006 | 0.000   | 465.000 | -6.654 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2007 | 0.000   | 465.000 | -6.654 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2008 | 189.000 | 654.000 | -3.859 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2015 | 430.000 | 895.000 | -0.296 | <b>0.767</b>     |
|      | 2017 | 185.000 | 650.000 | -3.919 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2018 | 79.000  | 544.000 | -5.485 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2019 | 293.500 | 758.500 | -2.314 | <b>0.021</b>     |
| 2017 | 2004 | 279.000 | 744.000 | -2.529 | <b>0.011</b>     |
|      | 2005 | 392.500 | 857.500 | -0.850 | <b>0.395</b>     |
|      | 2006 | 241.500 | 706.500 | -3.083 | <b>0.002</b>     |
|      | 2007 | 364.500 | 829.500 | -1.264 | <b>0.206</b>     |
|      | 2008 | 334.000 | 799.000 | -1.715 | <b>0.086</b>     |
|      | 2015 | 228.000 | 693.000 | -3.283 | <b>0.001</b>     |
|      | 2016 | 185.000 | 650.000 | -3.919 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2018 | 426.000 | 891.000 | -0.355 | <b>0.723</b>     |
|      | 2019 | 195.000 | 660.000 | -3.770 | <b>&lt;0.001</b> |
| 2018 | 2004 | 255.500 | 720.500 | -2.876 | <b>0.004</b>     |
|      | 2005 | 297.000 | 762.000 | -2.262 | <b>0.024</b>     |
|      | 2006 | 95.000  | 560.000 | -5.249 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2007 | 209.500 | 674.500 | -3.556 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2008 | 264.000 | 729.000 | -2.750 | <b>0.006</b>     |
|      | 2015 | 169.000 | 634.000 | -4.155 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2016 | 79.000  | 544.000 | -5.485 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2017 | 426.000 | 891.000 | -0.355 | <b>0.723</b>     |
|      | 2019 | 122.000 | 587.000 | -4.849 | <b>&lt;0.001</b> |
| 2019 | 2004 | 357.500 | 822.500 | -1.368 | <b>0.171</b>     |
|      | 2005 | 191.500 | 656.500 | -3.822 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2006 | 59.000  | 524.000 | -5.781 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2007 | 87.000  | 552.000 | -5.367 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2008 | 141.000 | 606.000 | -4.569 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2015 | 368.500 | 833.500 | -1.205 | <b>0.228</b>     |
|      | 2016 | 293.500 | 758.500 | -2.314 | <b>0.021</b>     |
|      | 2017 | 195.000 | 660.000 | -3.770 | <b>&lt;0.001</b> |
|      | 2018 | 122.000 | 587.000 | -4.849 | <b>&lt;0.001</b> |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 47 evidencia que el 74.4 % de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de oxígeno disuelto, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

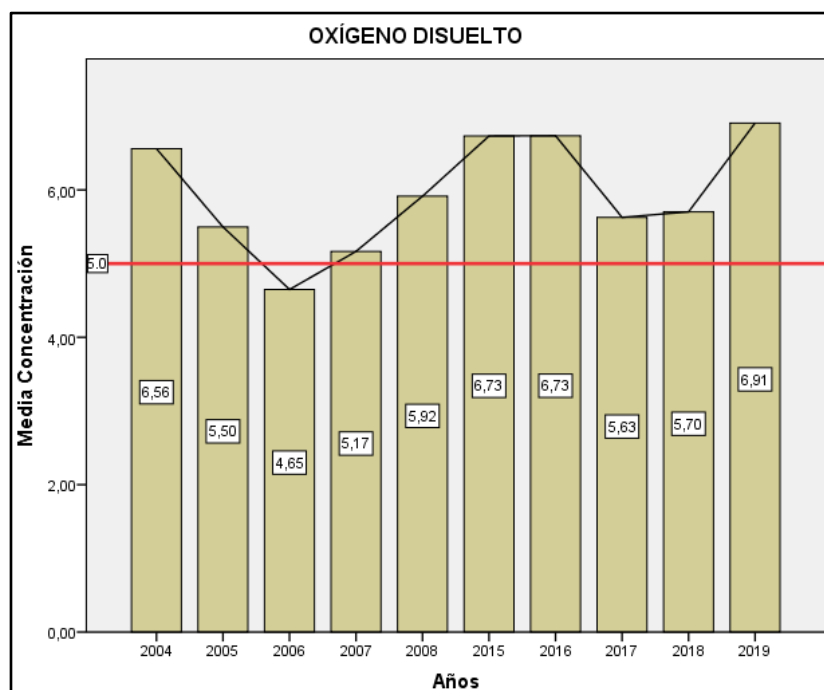


Ilustración 22: Evaluación del ECA para oxígeno disuelto  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 22 se puede ver que solo en el año 2006 la media anual (Promedio) de la concentración del parámetro de oxígeno disuelto no superó el ECA, a diferencia de los demás años.

## PRUEBA DE REGRESIÓN LINEAL

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 48

Correlación entre las concentraciones de Oxígeno Disuelto y años

| Correlaciones   |               |                            | Año    | Concentración |
|-----------------|---------------|----------------------------|--------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coeficiente de correlación | 1.000  | .265**        |
|                 |               | Sig. (bilateral)           | .      | <.001         |
|                 |               | N                          | 300    | 300           |
|                 | Concentración | Coeficiente de correlación | .265** | 1.000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)           | <.001  | .             |
|                 |               | N                          | 300    | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan directamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son bajas y para el segundo suben significativamente.

## COLIFORMES TERMOTOLERANTES

### PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 49

Prueba de normalidad para Coliformes termotolerantes

|      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|      | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| 2004 | ,344                            | 30 | ,000 | ,538         | 30 | ,000 |
| 2005 | ,490                            | 30 | ,000 | ,193         | 30 | ,000 |
| 2006 | ,390                            | 30 | ,000 | ,328         | 30 | ,000 |
| 2007 | ,386                            | 30 | ,000 | ,430         | 30 | ,000 |
| 2008 | ,395                            | 30 | ,000 | ,499         | 30 | ,000 |
| 2015 | ,462                            | 30 | ,000 | ,249         | 30 | ,000 |
| 2016 | ,536                            | 30 | ,000 | ,180         | 30 | ,000 |
| 2017 | ,495                            | 30 | ,000 | ,191         | 30 | ,000 |
| 2018 | ,444                            | 30 | ,000 | ,231         | 30 | ,000 |
| 2019 | ,494                            | 30 | ,000 | ,214         | 30 | ,000 |

Nota: a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba nos da a conocer que los datos siguen una distribución no paramétrica por lo cual se analizarán los datos por el método de Kruskal Wallis.

### KRUSKAL WALLIS

**H<sub>0</sub>:** Las medias de las concentraciones de los Coliformes Termotolerantes son iguales en todos los años.

**H<sub>1</sub>:** Al menos una de las medias de las concentraciones de los Coliformes Termotolerantes es diferente de los demás años.

Tabla 50

Tabla de Kruskal-Wallis para Coliformes Termotolerantes

#### Resumen de Prueba de Hipótesis

|   | Hipótesis nula                                                                             | Test                                                 | Sig.  | Decisión                    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
| 1 | La distribución de los Coliformes Termotolerantes es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis de muestras independientes. | 0.000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Nota: Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al rechazar la hipótesis nula, aceptamos que al menos una de las medias de las concentraciones de los Coliformes Termotolerantes es diferente de los demás años.

## U MANN-WHITNEY

### Hipótesis de investigación:

**H<sub>1</sub>:** Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro en los años 2004 - 2008 y 2015 - 2019, dado al incremento de la producción minera y el crecimiento poblacional.

### Si:

Si  $p > 0.05$ , la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa (Acepta  $H_0$ ).

Si  $p \leq 0.05$ , la diferencia entre las medianas es estadísticamente significativa (Rechaza  $H_0$ ).

Tabla 51

Tabla de U Mann-Whitney para Coliformes Termotolerantes.

|      |      | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig.         |
|------|------|-------------------|---------------|--------|--------------|
| 2004 | 2005 | 390.000           | 855.000       | -0.889 | <b>0.374</b> |
|      | 2006 | 437.000           | 902.000       | -0.193 | <b>0.847</b> |
|      | 2007 | 429.500           | 894.500       | -0.304 | <b>0.761</b> |
|      | 2008 | 395.500           | 860.500       | -0.808 | <b>0.419</b> |
|      | 2015 | 266.000           | 731.000       | -2.725 | <b>0.006</b> |
|      | 2016 | 288.500           | 753.500       | -2.391 | <b>0.017</b> |
|      | 2017 | 320.500           | 785.500       | -1.918 | <b>0.055</b> |
|      | 2018 | 344.500           | 809.500       | -1.562 | <b>0.118</b> |
|      | 2019 | 260.000           | 725.000       | -2.813 | <b>0.005</b> |
| 2005 | 2004 | 390.000           | 855.000       | -0.889 | <b>0.374</b> |
|      | 2006 | 400.500           | 865.500       | -0.735 | <b>0.463</b> |
|      | 2007 | 354.500           | 819.500       | -1.415 | <b>0.157</b> |
|      | 2008 | 432.000           | 897.000       | -0.267 | <b>0.790</b> |
|      | 2015 | 315.500           | 780.500       | -1.991 | <b>0.046</b> |
|      | 2016 | 347.000           | 812.000       | -1.524 | <b>0.127</b> |
|      | 2017 | 380.500           | 845.500       | -1.028 | <b>0.304</b> |
|      | 2018 | 430.000           | 895.000       | -0.296 | <b>0.767</b> |
|      | 2019 | 317.500           | 782.500       | -1.960 | <b>0.050</b> |
| 2006 | 2004 | 437.000           | 902.000       | -0.193 | <b>0.847</b> |
|      | 2005 | 400.500           | 865.500       | -0.735 | <b>0.463</b> |
|      | 2007 | 433.000           | 898.000       | -0.253 | <b>0.800</b> |
|      | 2008 | 390.000           | 855.000       | -0.892 | <b>0.372</b> |
|      | 2015 | 292.000           | 757.000       | -2.340 | <b>0.019</b> |
|      | 2016 | 311.000           | 776.000       | -2.058 | <b>0.040</b> |
|      | 2017 | 338.000           | 803.000       | -1.658 | <b>0.097</b> |
|      | 2018 | 360.000           | 825.000       | -1.333 | <b>0.183</b> |
|      | 2019 | 285.000           | 750.000       | -2.443 | <b>0.015</b> |
| 2007 | 2004 | 429.500           | 894.500       | -0.304 | <b>0.761</b> |
|      | 2005 | 354.500           | 819.500       | -1.415 | <b>0.157</b> |
|      | 2006 | 433.000           | 898.000       | -0.253 | <b>0.800</b> |
|      | 2008 | 388.000           | 853.000       | -0.920 | <b>0.358</b> |
|      | 2015 | 252.500           | 717.500       | -2.923 | <b>0.003</b> |
|      | 2016 | 286.500           | 751.500       | -2.419 | <b>0.016</b> |
|      | 2017 | 288.500           | 753.500       | -2.389 | <b>0.017</b> |
|      | 2018 | 322.500           | 787.500       | -1.886 | <b>0.059</b> |
|      | 2019 | 264.500           | 729.500       | -2.744 | <b>0.006</b> |

|      |      |         |         |        |              |
|------|------|---------|---------|--------|--------------|
| 2008 | 2004 | 395.500 | 860.500 | -0.808 | <b>0.419</b> |
|      | 2005 | 432.000 | 897.000 | -0.267 | <b>0.790</b> |
|      | 2006 | 390.000 | 855.000 | -0.892 | <b>0.372</b> |
|      | 2007 | 388.000 | 853.000 | -0.920 | <b>0.358</b> |
|      | 2015 | 376.000 | 841.000 | -1.095 | <b>0.273</b> |
|      | 2016 | 374.500 | 839.500 | -1.117 | <b>0.264</b> |
|      | 2017 | 424.000 | 889.000 | -0.385 | <b>0.700</b> |
|      | 2018 | 420.500 | 885.500 | -0.437 | <b>0.662</b> |
|      | 2019 | 345.500 | 810.500 | -1.546 | <b>0.122</b> |
| 2015 | 2004 | 266.000 | 731.000 | -2.725 | <b>0.006</b> |
|      | 2005 | 315.500 | 780.500 | -1.991 | <b>0.046</b> |
|      | 2006 | 292.000 | 757.000 | -2.340 | <b>0.019</b> |
|      | 2007 | 252.500 | 717.500 | -2.923 | <b>0.003</b> |
|      | 2008 | 376.000 | 841.000 | -1.095 | <b>0.273</b> |
|      | 2016 | 442.000 | 907.000 | -0.118 | <b>0.906</b> |
|      | 2017 | 406.500 | 871.500 | -0.644 | <b>0.519</b> |
|      | 2018 | 357.500 | 822.500 | -1.370 | <b>0.171</b> |
|      | 2019 | 438.500 | 903.500 | -0.170 | <b>0.865</b> |
| 2016 | 2004 | 288.500 | 753.500 | -2.391 | <b>0.017</b> |
|      | 2005 | 347.000 | 812.000 | -1.524 | <b>0.127</b> |
|      | 2006 | 311.000 | 776.000 | -2.058 | <b>0.040</b> |
|      | 2007 | 286.500 | 751.500 | -2.419 | <b>0.016</b> |
|      | 2008 | 374.500 | 839.500 | -1.117 | <b>0.264</b> |
|      | 2015 | 442.000 | 907.000 | -0.118 | <b>0.906</b> |
|      | 2017 | 412.000 | 877.000 | -0.562 | <b>0.574</b> |
|      | 2018 | 386.000 | 851.000 | -0.947 | <b>0.344</b> |
|      | 2019 | 423.500 | 888.500 | -0.392 | <b>0.695</b> |
| 2017 | 2004 | 320.500 | 785.500 | -1.918 | <b>0.055</b> |
|      | 2005 | 380.500 | 845.500 | -1.028 | <b>0.304</b> |
|      | 2006 | 338.000 | 803.000 | -1.658 | <b>0.097</b> |
|      | 2007 | 288.500 | 753.500 | -2.389 | <b>0.017</b> |
|      | 2008 | 424.000 | 889.000 | -0.385 | <b>0.700</b> |
|      | 2015 | 406.500 | 871.500 | -0.644 | <b>0.519</b> |
|      | 2016 | 412.000 | 877.000 | -0.562 | <b>0.574</b> |
|      | 2018 | 403.500 | 868.500 | -0.688 | <b>0.491</b> |
|      | 2019 | 377.500 | 842.500 | -1.073 | <b>0.283</b> |
| 2018 | 2004 | 344.500 | 809.500 | -1.562 | <b>0.118</b> |
|      | 2005 | 430.000 | 895.000 | -0.296 | <b>0.767</b> |
|      | 2006 | 360.000 | 825.000 | -1.333 | <b>0.183</b> |
|      | 2007 | 322.500 | 787.500 | -1.886 | <b>0.059</b> |
|      | 2008 | 420.500 | 885.500 | -0.437 | <b>0.662</b> |
|      | 2015 | 357.500 | 822.500 | -1.370 | <b>0.171</b> |
|      | 2016 | 386.000 | 851.000 | -0.947 | <b>0.344</b> |
|      | 2017 | 403.500 | 868.500 | -0.688 | <b>0.491</b> |
|      | 2019 | 364.500 | 829.500 | -1.265 | <b>0.206</b> |
| 2019 | 2004 | 260.000 | 725.000 | -2.813 | <b>0.005</b> |
|      | 2005 | 317.500 | 782.500 | -1.960 | <b>0.050</b> |
|      | 2006 | 285.000 | 750.000 | -2.443 | <b>0.015</b> |
|      | 2007 | 264.500 | 729.500 | -2.744 | <b>0.006</b> |
|      | 2008 | 345.500 | 810.500 | -1.546 | <b>0.122</b> |
|      | 2015 | 438.500 | 903.500 | -0.170 | <b>0.865</b> |
|      | 2016 | 423.500 | 888.500 | -0.392 | <b>0.695</b> |
|      | 2017 | 377.500 | 842.500 | -1.073 | <b>0.283</b> |
|      | 2018 | 364.500 | 829.500 | -1.265 | <b>0.206</b> |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla N.º 51 evidencia que el 26.6 % de las de par en par correlaciones pertenecen a una variación significativa para las muestras de Coliformes Termotolerantes, que se evaluaron con la prueba U de Mann-Whitney.

## EVALUACIÓN DEL ECA

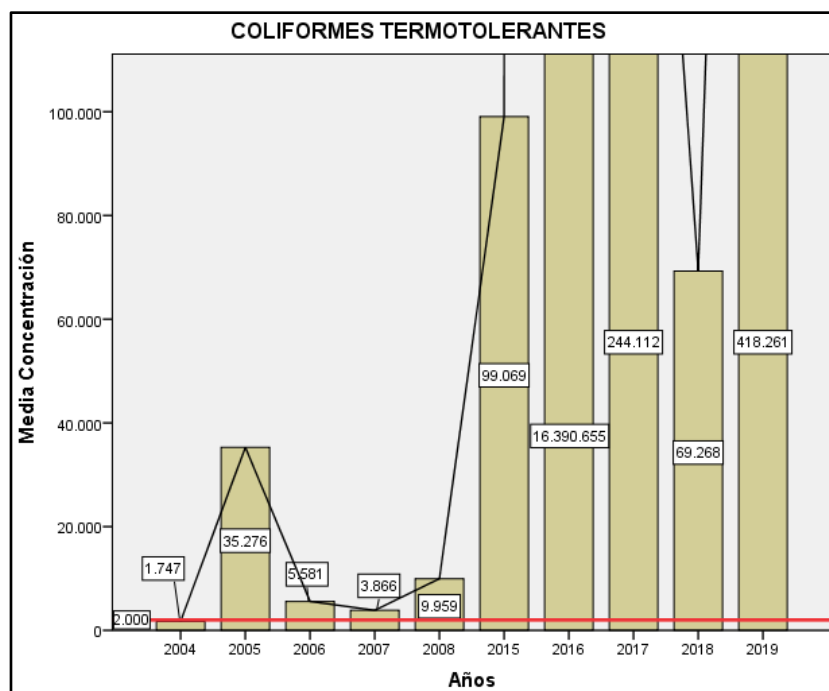


Ilustración 23: Evaluación del ECA para Coliformes Termotolerantes  
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la ilustración N.º 23, se puede ver que solo en el año 2004 la media anual (Promedio) de la concentración del parámetro de Coliformes Termotolerantes no superó el ECA a diferencia de los últimos años en donde las medias de las concentraciones del parámetro de Coliformes Termotolerantes fueron elevadas.

## PRUEBA DE REGRESION LINEAL

Para datos no paramétricos usaremos la correlación de Spearman.

Tabla 52

Correlación entre las concentraciones de Coliformes Termotolerantes y años

| Correlaciones   |               |                             | Año    | Concentración |
|-----------------|---------------|-----------------------------|--------|---------------|
| Rho de Spearman | Año           | Coefficiente de correlación | 1.000  | .207**        |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | .      | <.001         |
|                 |               | N                           | 300    | 300           |
|                 | Concentración | Coefficiente de correlación | .207** | 1.000         |
|                 |               | Sig. (bilateral)            | <.001  | .             |
|                 |               | N                           | 300    | 300           |

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El coeficiente de correlación nos indica que las variables se relacionan directamente; es decir, que las concentraciones del primer periodo son bajas y para el segundo suben significativamente.



## CONCLUSIONES

- De acuerdo con el objetivo general, se ve que las muestras obtenidas influyen en la calidad de agua del río Mantaro ya que se observa (*Ver Ilustración 15, 16, 17 y 18*) que las concentraciones de los metales pesados como el Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc han ido variando significativamente año tras año, además que en los primeros años de estudio correspondientes al 2004-2008 estas concentraciones han sido elevadas lo que se le atribuye al desarrollo de la actividad minera mientras que en el periodo 2015-2019 las concentraciones descendieron en la zona de estudio; puesto que la compañía minera Doe Run Perú, dedicada a la explotación de Cobre, Plomo y Zinc y la obtención de subproductos, influyó en su tiempo de operación con respecto de la concentración de metales pesados y pH, ya que dicha empresa cerró el 100% de sus operaciones en el año 2009. Luego del cierre de la compañía minera se evidenció la disminución de concentración de metales pesados y el pH (*Ver Ilustración 19*) se observa un ligero incremento en el periodo 2015 al 2019, debido a la aparición de la minería ilegal e informal; pero sin exceder los Estándares de Calidad Ambiental para pH.

Mientras, por otro lado, las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (*Ver Ilustración 23*) también han ido variando significativamente con el paso de los años, caso contrario a los metales pesados; en el primer periodo de tiempo de estudio de los años 2004-2008 las concentraciones de Coliformes Termotolerantes han sido bajas a comparación de los años 2015-2019, donde las concentraciones se han ido incrementando que bien se relaciona con el constante incremento poblacional en la zona de estudio y también a carencia de óptimos tratamientos previos a las descargas de aguas residuales domésticas por las plantas de tratamientos de aguas residuales que se encuentran funcionando deficientemente o en el peor de los casos, en estado inoperativo. Sin embargo; los parámetros (*Ver Ilustración 19, 20, 21 y 22*) como el pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto no presentan una variación significativa a comparación de los metales pesados y Coliformes Termotolerantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos se muestra la alteración de la calidad de agua del río Mantaro en los parámetros físico-químicos y biológicos, en la cual existe una ligera disminución de concentración en los parámetros que no logran cumplir los Estándares de Calidad Ambiental. Así mismo Vasquéz, Ahuber, 2018 en su investigación “*Evaluación de la calidad del agua y vertimiento de efluentes industriales en la subcuenca del río San Juan, 2006- 2016, Cerro de Pasco*” menciona que hay un cierto grado de variación de la calidad de

agua por la presencia de contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica como metales pesados, materia orgánica y Coliformes Termotolerantes, que si bien es cierto sus concentraciones han disminuido a través de los años, aún no alcanzan los valores establecidos por norma.

- En cuanto a los metales pesados (*Ver Ilustración 15, 16, 17 y 18*) se puede observar que en los primeros años del 2004 al 2008 estos sobrepasan significativamente los ECA's a comparación de los años 2015 al 2019, se atribuye a que los estos estándares de calidad ambiental fueron promulgados en el año 2008 (D.S. N°002-2008-MINAM) y anteriormente no existía una normativa ambiental que mida estrictamente el estado de la calidad del ambiente; por ello, las empresas mineras contaminaban sin regulaciones. Pese a ello, estas concentraciones en el río Mantaro continúan sobrepasando los ECA's en los últimos años, obviamente en un menor valor. De esta forma, después de realizar la evaluación con los estándares de calidad ambiental para agua se puede ver en un 90% el Cd, en un 50% el Cu, en un 100% Pb, en un 100% el Zn, en un 90% el Oxígeno Disuelto y en un 90% los Coliformes Termotolerantes (*Ver Ilustración 15, 16, 17, 18, 22 y 23*) superaron los ECA's durante los 10 años de estudio; no obstante, los parámetros de pH y Conductividad Eléctrica (*Ver Ilustración 19 y 21*) se encuentran dentro de lo permitido en los ECA's.
- De acuerdo a las aguas residuales industriales mineras la concentración de parámetros químicos en los periodos entre el 2004 al 2008 (*Ver Ilustración 15, 16, 17 y 18*) se observa que son muy altos mientras que en los años 2015 al 2019 descendieron puesto que en el año 2009 cerró la compañía minera Doe Run Perú y con la creación del Ministerio del Ambiente se reguló los Estándares de Calidad Ambiental con el D.S. N°002-2008-MINAM.
- De acuerdo a las aguas residuales domésticas en la influencia de los parámetros de Oxígeno Disuelto y Coliformes Termotolerantes (*Ver ilustración 22 y 23*); se ve que en ambos se da un incremento de concentración debido al crecimiento poblacional en el área de estudio.
- Se identificó la relación de concentraciones de metales y el paso del tiempo con la metodología para muestras independientes, que nos ayudó a evaluar la variabilidad de medias de la concentración en los periodos 2004 al 2008 y del 2015 al 2019, y así evaluar la significancia de la variabilidad. La primera evaluación nos mostró (*Ver*

*Tabla 17, 21, 25, 29, 33, 37, 41, 45 y 49*) que los datos siguen una distribución no paramétricos, es decir que no cumplen con una distribución normal; por esta razón los datos fueron evaluados con la metodología de Kruskall Wallis que nos da a conocer que las medias de las concentraciones varían significativamente (*Ver Tabla 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46 y 50*). Y por último se tiene la evaluación de correlación de variables, ésta nos muestra que en caso de los metales pesados (*Ver Tabla 20, 24, 28 y 32*) se relacionan indirectamente, puesto que con el paso del tiempo las concentraciones descendieron; mientras que, para el pH (*Ver Tabla 36*), temperatura (*Ver Tabla 40*), conductividad eléctrica (*Ver Tabla 44*), oxígeno disuelto (*Ver Tabla 48*) y Coliformes Termotolerantes (*Ver Tabla 52*) la relación es directa, puesto que con el paso de los años las concentraciones ascendieron.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, los monitoreos se realicen anualmente en las épocas de avenidas y estiaje por las autoridades competentes, de preferencia en las mismas coordenadas para que con el tiempo se pueda evaluar la calidad del agua del río Mantaro.
- Se recomienda que, como parte del plan de manejo ambiental de las empresas mineras en el Perú se comprometan con el cumplimiento riguroso de la normativa ambiental vigente para el control de sus vertimientos.
- Se recomienda que las autoridades locales, regionales y nacionales implementen el sistema de agua potable y alcantarillado en zonas rurales pertenecientes a la cuenca del río Mantaro para evitar que el agua contaminada sea vertida sin control. Además de realizar supervisiones estrictas a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Mineras que deberán estar en constante mantenimiento para su buen funcionamiento, tomando en cuenta la zona de influencia de este proyecto de investigación.
- Se recomienda que las autoridades competentes se involucren en la gestión del agua del río Mantaro, ya que se pudo ver que sus aguas incumplen con los estándares de calidad ambiental; de manera que, los monitoreos que sean realizados por la Autoridad Nacional del Agua, se utilicen como base para el planteamiento de medidas correctivas ya sea reforzando las fiscalizaciones en las empresas mineras que son las que mayor impacto generan, con tal de que las concentraciones de los parámetros del agua del río cumplan con los estándares de calidad del agua y que con el avance del tiempo, se mantengan de acuerdo a estos últimos estudios que se tiene y puedan ser de utilidad para otras actividades económicas que se desarrollan en la cuenca. Esto para que en un futuro se eviten escenarios de conflictos sociales por daños ambientales o a la salud de la población.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AQUAE FUNDACIÓN. ¿Qué es la contaminación ambiental? [online]. 2009. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/causas-contaminacion-ambiental/>
2. GUERRERO, Teresa. El hombre ya contaminaba antes de la Revolución Industrial. *Ministerio del Medio Ambiente* [online]. 2015. Disponible en: <https://www.elmundo.es/ciencia/2015/02/09/54d8a45a268e3e523b8b4577.html>
3. CARRIÓN, Marta. ¿Cuánta agua hay en el planeta? *Ágorapedia* [online]. 2020. Disponible en: <https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/>
4. ANÓNIMO. Río Guaire (Venezuela). *EcuRed*. 2011.
5. CONEXIÓN CAPITAL. Esta es la situación actual del Río Bogotá. *Conexión Capital* [online]. 2017. Disponible en: <https://conexioncapital.co/esta-la-situacion-actual-del-rio-bogota/>
6. ADMINISTRACIÓN. Estudio indica que río Loa en Calama es el más contaminado del país. *CodeVerde* [online]. 2018. Disponible en: <https://codexverde.cl/estudio-revela-rio-loa-calama-mas-contaminado-del-pais/>
7. ARIAS, Ariana. El río Matanza, un lugar inhabitable para cinco millones de argentinos. *La Voz de Galicia* [online]. Buenos Aires, 27 Diciembre 2019. p. 1. Disponible en: <https://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2019/12/26/rio-matanza-lugar-inhabitable-cinco-millones-argentinos/00031577370845628922369.htm>
8. INTER PRESS SERVICE. El río Tietê, vergüenza de Sao Paulo. *IPS* [online]. Sao Paulo, 6 May 1998. p. 1. Disponible en: <https://ipsnoticias.net/1998/05/brasil-el-rio-tiete-verguenza-de-sao-paulo/>
9. LÓPEZ, Milton. Perú: El 70 % de los ríos no puede ser desviado para consumo de agua en la costa. *Mongabay Latam* [online]. 2018. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2016/10/rios-hidroelectricas-mineria-petroleo-mongabay/>
10. ALAMEDA, Elena. Ríos contaminados por Minería en Perú. *Agua Pureza Perú*. 2014.
11. INSTITUTO RURAL PARA EL DESARROLLO DE SUDAMÉRICA. El río Mantaro se resiste a morir. *Instituto para el Desarrollo Rural de Sudamérica* [online]. 2021. P. 4–9. Disponible en: <https://www.servindi.org/actualidad-opinion/01/08/2016/el-rio-mantaro-se-resiste-morir>
12. NICOLAI STAKEEFF. Denuncian a cuatro mineras por contaminación de Lago. *Gestión* [online]. Junín, 5 de octubre de 2018. p. 4. Disponible en: <https://archivo.gestion.pe/noticia/287810/solo-800-220-mil-restaurantes-lima-tienen-certificacion-saludables>

13. CUARTO PODER. Desastre ambiental: 67 mil metros cúbicos de relave minero afectaron al Río Mantaro. *Alerta Legislativa* [online]. Junín, 10 de julio de 2019. p. 2. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/desastre-ambiental-67-mil-metros-cubicos-de-relave-minero-afectaron-al-rio-mantaro/>
14. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Plan Nacional de Acción Ambiental del 2011 al 2021. .
15. ONU. Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible. *Objetivos de desarrollo sostenible* [online]. 2017. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
16. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Política nacional del ambiente. *Paideia*. 2016. Vol. 2, no. 3. DOI 10.31381/paideia.v2i3.462.
17. ANA. Junta de usuarios incritos al SUNARP. [online]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/organizaciones-de-usuarios-/inscritos-en-sunarp>
18. BOKOVA, Irina and RYDER, Guy. *Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado* [online]. 1. Paris: ONU, 2017. ISBN 9789568200329. Disponible en: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
19. ANA. Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos. [online]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/modernizacion-de-la-gestion-de-los-recursos-hidricos>
20. LARIOS, Fernando, GONZÁLES, Carlos and MORALES, Yennyfer. Aguas residuales y sus Consecuencias en el Desarrollo y la producción. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL* [online]. Octubre de 2015. Vol. 2, p. 9–25. Disponible en: <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
21. DÍAZ CUENCA, Elizabeth, ALVARADO GRANADOS, Alejandro Rafael and CAMACHO CALZADA, Karina Elizabeth. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. [online]. 2012. P. 1–21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
22. AUTORIDAD NACIONAL DE ASUNTOS MARÍTIMOS. Calidad de Agua en Ecosistemas tipo Playa en la República Dominicana. *ANAMAR* [online]. 2021. Disponible en: <https://anamar.gob.do/index.php/noticias/item/515-brochure-calidad-de-agua-en-ecosistemas-tipo-playa-en-la-republica-dominicana>

23. COLMENARES VIRVIESCAS, Lina María and CRUZ BENAVIDES, Juan David. *Análisis espacio-temporal de la calidad del agua del río Magdalena (periodo 2009-2018) a partir de la comparación de índices de calidad del agua*. Universidad El Bosque, 2020.
24. BAYONA SOTELO, Laura Camila. *Análisis espacio-temporal de la calidad del agua a partir de las comunidades de diatomeas presentes en la quebrada Las delicias de los cerros orientales de Bogotá i Análisis espacio-temporal de la calidad del agua a partir de las comunidades de diatomeas* [online]. Universidad Cooperativa de Colombia, 2019. Disponible en: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15106/2/2019\\_diatomeas\\_bioindicadores\\_perifiton.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15106/2/2019_diatomeas_bioindicadores_perifiton.pdf).
25. ESTADO, E L, AGUASCALIENTES, D E, GUZMÁN-COLIS, Guilda, THALASSO, Frédéric, RAMÍREZ-LÓPEZ, Elsa Marcela, RODRÍGUEZ-NARCISO, Silvia, LILIÁN GUERRERO-BARRERA, Alma and AVELAR-GONZÁLEZ, Francisco Javier. Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del Río San Pedro. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 2011. Vol. 27, N.º 2, pp. 89–102.
26. GONZÁLES MARAÑÓN, Alina, PALACIOS MULGADO, Israel and DOMÍNGUEZ GONZÁLES, Alina Yaritza. Evaluación espacio-temporal de la calidad de las aguas en la Cuenca Hidrográfica Guaos-Gascón. *Revista Cubana de Química* [online]. 2021. Vol. 33, N.º 1, pP. 70–92. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4435/443566346005/html/>.
27. KULIAH, Mata and KULIAH, Mata. *Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF* [online]. Universidad Central del Ecuador, 2019. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20243/1/T-UCE-0012-FIG-155.pdf>.
28. VARGAS MENDOZA, Brigida Emperatriz. *Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad Ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya-Puno-2021* [online]. Universidad César Vallejo, 2007. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71364/Vargas\\_MBE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71364/Vargas_MBE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
29. CASTILLO, Zulema. *Evaluación espacio temporal de la Calidad del Agua del río Rimac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo*. 2014.

30. CAMACHO VARGAS, Maricela Diana. *Evaluación espacio temporal de metales pesados del recurso hídrico superficial de la microcuenca del Río Tinco, Provincia Yauyos, Departamento Lima*. [online]. Universidad Científica del Sur, 2019. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/965/TB-BaqueA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
31. CUSTODIO, María, PEÑALOZA, Richard, ESPINOZA, Ciro, PERALTA-ORTIZ, Tessy, ORDINOLA-ZAPATA, Alberto, SÁNCHEZ-SUÁREZ, Héctor and VIEYRA-PEÑA, Enedia. Data on the concentration of heavy metals and metalloids in lotic water of the Mantaro river watershed and human risk assessment, Peru. *Data in Brief*. 2020. Vol. 30. DOI 10.1016/j.dib.2020.105493.
32. VASQUEZ ARANDA, Ahuber Omar. *Evaluación de la calidad del agua y vertimiento de efluentes industriales en la sub-cuenca del río San Juan, 2006- 2016, Cerro de Pasco* [online]. Universidad Nacional Federico Villarreal, 2021. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2222>.
33. CAYETANO ONCEVAY, José Roberto. Cumplimiento de la normatividad ambiental por el sector minero metalúrgico y su impacto ambiental en el río Mantaro - Región Junín. *Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado* [online]. 2013. P. 86. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2153/CayetanoOncevay.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
34. INDEX. Origen de los ríos. *El ciclo del agua* [online]. Disponible en: [https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/index.html](https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html).
35. GEOGRAFÍA. Los ríos. [online]. 2009. Disponible en: <https://lageografia.com/geografia-fisica/los-rios>.
36. PRIETO, Albanys. Parámetros de Forma y Drenaje de la Cuenca Hidrográfica. *06 de Noviembre* [online]. 2016. Disponible en: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/algunos-parametros-de-forma-y-drenaje-de-la-cuenca-hidrografica-y-su-relacion-con-el-tiempo-de-concentracion/>.
37. VALENCIA QUINTANA, Rafael, SÁNCHEZ ALARCON, Juana, ORTIZ ORTIZ, Elvia and GÓMES OLIVARES, José Luis. La contaminación de los ríos , otro punto de vista Primera parte. *Ciencia en la Frontera* [online]. 2007. Vol. 1, no. January, p. 35–49. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/235997290>.
38. TRAPOTE JAUME, Arturo. Las aguas residuales. *Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas* [online]. 2020. P. 704. Disponible en: <https://publicaciones.ua.es/files/detalles/978-84-9717-729-08FA2FB63-3.pdf>.



39. BOSCH, J. R. La Calidad de las Aguas. In : *La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles* [online]. España, 1999. p.103–104. Disponible en: [https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan de Recuperación del Júcar/Cap.3\\_part2.\\_Libro\\_blanco\\_del\\_agua.pdf](https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan de Recuperación del Júcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf).
40. GARCIA DE LA FUENTE, Cristina. Parámetros fisicoquímicos del agua. 2013. pp. 1–4.
41. UNIVERSIDAD DE IBAGÉ. Parametros Físicos. [online]. Disponible en: <https://sites.google.com/a/unibague.edu.co/quimica-ambiental-02/agua/parametros-fisicos>.
42. PRADILLO, Beatriz. Parametros de Control del Agua. *Iagua.Es* [online]. 2019. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>.
43. ANA. Monitoreo del Río Mantaro. ANA. 2018. p. 104.
44. INFANTE ZAMBRANO, Nancy Madelin and TACILLA CULQUI, Tania Jhamilce. *Influencia Del Vertimiento De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En La Calidad De Agua Del Río Cajamarquino - Llacanora, 2017*. 2017.
45. SPINELLI, Mónica. Efluentes.
46. DOMOSAGUA. Los Efluentes Industriales, Clasificación y Tratamiento. [online]. Disponible en: <https://www.domosagua.com/blog/efluentes-industriales>.
47. TÉCNICA, Norma. Tipos de efluentes líquidos. [online]. Disponible en: <https://urbanismo.cartagena.es/PortalUrbanismo/Paginas/59>.
48. WASCHER, William. Estadística paramétrica. [online]. 2009. Vol. 2, pp. 3–4. Disponible en: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Estadística-paramétrica.pdf>.
49. AMAT RODRIGO, Joaquín. Wilcoxon Mann Whitney. [online]. 2017. Disponible en: [https://www.cienciadedatos.net/documentos/17\\_mann-whitney\\_u\\_test](https://www.cienciadedatos.net/documentos/17_mann-whitney_u_test).
50. QUESTIONPRO. Prueba U de Mann-Whitney. *QuestionPro* [online]. 2022. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/beta?topic=tests-mann-whitney-u-test>.
51. TIBCO. Qué es Análisis de la Varianza (ANOVA). [online]. 2018. Disponible en: <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-analysis-of-variance-anova>.
52. MINITAB. ¿Qué es ANOVA? - Minitab [online]. 2019. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>.
53. MOLINA, Juan Gabriel. and RODRIGO, Maria F. Pruebas no paramétricas. *Vniversitat id valencia opencouseware* [online]. 2014. P. 1–14. Disponible en: [http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/estadistica-ii/est2\\_t5.pdf](http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/estadistica-ii/est2_t5.pdf).

54. ESTAMÁTICA. Kruskal Wallis. *Estamática* [online]. 2020. Disponible en: <https://estamatica.net/kruskal-wallis-comparaciones-multiples/>.
55. MARÍN, Berenice. Análisis de correlación. *Aprender a Conocer* [online]. 2017. Disponible en: <http://conogasi.org/articulos/analisis-de-correlacion/>.
56. FERRERO, Rosana. ¿Qué es Software *Data Science*? [online]. 2020. Disponible en: <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-r-software/>.
57. SAS/STAT® SOFTWARE. Statistical Analysis Software, SAS\_STAT \_ SAS. SAS.
58. QUETIONPRO. Qué es SPSS y cómo utilizarlo. *Question pro* [online]. 2019. Disponible en: <https://www.questionpro.com/es/que-es-spss.html>.
59. STATA. Stata. *Software Stop* [online]. Disponible en: <https://www.software-shop.com/producto/stata#whystata>.
60. ADDLINK. Software Minitab. *Software Científico* [online]. 2022. Disponible en: <https://www.addlink.es/productos/minitab-statistical-software>.
61. CEGARRA SANCHEZ, José. Metodología de la investigación científica y tecnológica. 2004.
62. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos and BATISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la Investigación*. Sexta. [no date]. ISBN 9781626239777.
63. BORJA, Manuel. Metodología de investigación para ingeniería. 2012.
64. ESPINOZA MONTES, Ciro. *Metodología de la Investigación Tecnológica*. Primera. 2010. ISBN 978-612-00-0222-3.
65. INSTITUTO DE INGENIEROS DEL PERÚ. Doe Run Perú: cronología de los hechos que marcaron el historial de la empresa minera. *Instituto de ingenieros de minas del Perú* [online]. Disponible en: <https://iimp.org.pe/raiz/doe-run-peru-cronologia-de-los-hechos-que-marcaron-el-historial-de-la-empresa-minera>.
66. MONGE PALOMINO, Yuri. Identificación de fuentes de contaminación en la Cuenca del Río Mantaro. [online]. 2009. p. 4. Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/resumen\\_ejecutivo\\_-\\_rio\\_mantaro.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/resumen_ejecutivo_-_rio_mantaro.pdf).
67. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Características de la Población. En: *Perú: Perfil Sociodemográfico, 2017* [online]. 2017. pp. 12–94. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/cap01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap01.pdf).
68. ANA. Caracterización Socioeconómica. ANA.

## ANEXOS

## Anexo 1

Tabla 53

Matriz de Consistencia

|             | PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | VARIABLES                     | INDICADORES                                                                                          | UM                                                                  | INSTRUMENTO         | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GENERAL     | ¿Cuál es la influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro desde el año 2004 - 2008 al 2015 - 2019?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Analizar la influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Mantaro desde el año 2004 - 2008 al 2015 - 2019.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Las aguas residuales influyen negativamente en la calidad del agua del río Mantaro desde el año 2004 - 2008 al 2015- 2019, puesto a que se incrementó la producción minera, así como el crecimiento poblacional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Aguas Residuales Industriales | Empresas mineras                                                                                     | Unidad                                                              | Fichas de Monitoreo | <b>Método de investigación:</b><br>Hipotético-Deductivo                                                                                                                                                                                                                                      |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Aguas Residuales Domésticas   | Crecimiento Poblacional                                                                              | Unidad                                                              |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ESPECÍFICOS | 1. ¿Qué parámetros superan los estándares de calidad ambiental en la cuenca del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?<br>2. ¿Qué efecto tiene el vertimiento de aguas residuales industriales mineras en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?<br>3. ¿Qué efecto tiene el vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019?<br>4. ¿Cuál es la relación que existe entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años? | 1. Identificar los parámetros que superan los estándares de calidad ambiental en la cuenca del río Mantaro.<br>2. Determinar el efecto que tiene el vertimiento de aguas residuales industriales mineras en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.<br>3. Determinar el efecto que tiene el vertimiento de aguas residuales domesticas en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.<br>4. Identificar la relación que existe entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años. | 1. Los Metales Pesados, el OD y los Coliformes son los parámetros que superan los estándares de calidad ambiental en la cuenca del río Mantaro<br>2. El vertimiento de aguas residuales industriales mineras afectan significativamente en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.<br>3. El vertimiento de aguas residuales domesticas afecta significativamente en la calidad del agua del río Mantaro del año 2004 - 2008 y 2015 - 2019.<br>4. Existe una relación directa entre la contaminación del agua del río Mantaro con el paso de los años. | Parámetros Físico-químicos    | pH<br>Temperatura<br>Oxígeno Disuelto<br>Conductividad Eléctrica<br>Cadmio<br>Cobre<br>Plomo<br>Zinc | Escala de pH<br>°C<br>mg/L<br>uS/cm<br>mg/L<br>mg/L<br>mg/L<br>mg/L | Fichas de Monitoreo | <b>Alcance de investigación:</b><br>Tipo; Aplicada<br>Nivel; Explicativo-Correlacional<br><br><b>Diseño de investigación:</b><br>No experimental-Longitudinal<br><br><b>Población:</b><br>Puntos de Monitoreo en la Cuenca del Río Mantaro<br><br><b>Muestra:</b><br>300 Puntos de Monitoreo |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Parámetro Biológico           | Coliformes Termotolerantes                                                                           | NMP/100ml                                                           |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2



## PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



## COBRE [mg/L]

| LEY GENERAL DE AGUAS |     |     |    |
|----------------------|-----|-----|----|
| Clase                | II  | III | VI |
| Valor Límite         | 1.0 | 0.5 | -  |

|        | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MES    | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-34  | E-35  |       |
| Ene-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Feb-04 | 0.005    | 0.005 | 1.300 | 0.450 | 0.075 | 0.203 | 0.650 | 0.300 | 0.700 | 0.005 | 0.050 | 0.045 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.053 | 0.083 | 0.358 | 0.075 | 0.168 | 0.240 | 0.013 | 0.208 | 0.563 | 0.140 | 0.135 | 0.123 | 0.100 | 0.110 | 0.558 | 0.020 | 0.028 |       |
| Mar-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.069 | 0.074 |
| Abr-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| May-04 | 0.005    | 0.005 | 0.899 | 0.485 | 0.794 | 0.495 | 1.523 | 0.599 | 0.176 | 0.005 | 0.034 | 0.009 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.034 | 0.057 | 0.114 | 0.005 | 0.005 | 0.030 | 0.005 | 0.021 | 0.014 | 0.352 | 0.342 | 0.494 | 0.406 | 0.196 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |       |
| Jun-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Jul-04 | 0.005    | 0.042 | 0.938 | 0.813 | 0.086 | 0.057 | 1.778 | 0.096 | 0.066 | 0.005 | 0.008 | 0.005 | 0.139 | 0.005 | 0.008 | 0.013 |       | 0.005 | 0.005 | 0.085 | 0.424 | 0.090 | 0.176 | 0.005 | 0.104 | 0.047 | 0.076 | 0.028 | 0.038 | 0.033 | 0.009 |       |       |       |       |
| Ago-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Sep-04 | 0.005    | 0.005 | 2.917 | 2.866 | 0.410 | 0.266 | 1.664 | 0.195 | 0.302 | 0.041 | 0.021 | 0.036 | 0.031 | 0.005 | 0.031 | 0.016 |       | 0.005 | 0.009 | 0.043 | 0.210 | 0.033 | 0.062 | 0.145 | 0.133 | 0.109 | 0.038 | 0.033 | 0.028 | 0.239 | 0.325 | 0.023 | 0.005 | 0.005 | 0.015 |
| Oct-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Nov-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Dic-04 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

|             | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| ESTADÍSTICA | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-34  | E-35  |      |
| MEDIANA     | 0.005    | 0.005 | 1.119 | 0.649 | 0.248 | 0.235 | 1.594 | 0.248 | 0.239 | 0.005 | 0.028 | 0.023 | 0.018 | 0.005 | 0.006 | 0.009 | 0.005 | 0.009 | 0.043 | 0.114 | 0.033 | 0.062 | 0.145 | 0.005 | 0.104 | 0.038 | 0.076 | 0.028 | 0.123 | 0.100 | 0.023 | 0.005 | 0.006 | 0.015 |      |
| MAXIMO      | 0.005    | 0.042 | 2.917 | 2.866 | 0.794 | 0.495 | 1.778 | 0.599 | 0.700 | 0.041 | 0.050 | 0.045 | 0.139 | 0.005 | 0.031 | 0.016 | 0.005 | 0.053 | 0.083 | 0.358 | 0.424 | 0.168 | 0.240 | 0.133 | 0.208 | 0.563 | 0.352 | 0.342 | 0.494 | 0.406 | 0.196 | 0.558 | 0.069 | 0.074 |      |
| MINIMO      | 0.005    | 0.005 | 0.899 | 0.450 | 0.075 | 0.057 | 0.650 | 0.096 | 0.066 | 0.005 | 0.008 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.014 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.021 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |      |
| PERC. 90    | 0.005    | 0.031 | 2.432 | 2.250 | 0.679 | 0.426 | 1.744 | 0.509 | 0.581 | 0.030 | 0.045 | 0.042 | 0.107 | 0.005 | 0.024 | 0.015 | 0.005 | 0.045 | 0.073 | 0.299 | 0.284 | 0.137 | 0.214 | 0.085 | 0.168 | 0.357 | 0.267 | 0.259 | 0.392 | 0.374 | 0.162 | 0.392 | 0.049 | 0.056 |      |
| PROMEDIO    | 0.005    | 0.014 | 1.514 | 1.154 | 0.341 | 0.255 | 1.404 | 0.298 | 0.311 | 0.014 | 0.028 | 0.024 | 0.045 | 0.005 | 0.012 | 0.010 | 0.005 | 0.021 | 0.039 | 0.156 | 0.108 | 0.066 | 0.119 | 0.032 | 0.093 | 0.133 | 0.121 | 0.108 | 0.180 | 0.174 | 0.069 | 0.143 | 0.021 | 0.027 |      |
| MUESTRAS    | 4        | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 4     | 5     | 5     |      |
| DESV. STD.  | 0.000    | 0.019 | 0.953 | 1.153 | 0.339 | 0.182 | 0.513 | 0.218 | 0.277 | 0.018 | 0.018 | 0.020 | 0.064 | 0.000 | 0.013 | 0.006 | 0.000 | 0.022 | 0.034 | 0.133 | 0.179 | 0.068 | 0.099 | 0.056 | 0.077 | 0.241 | 0.139 | 0.140 | 0.198 | 0.181 | 0.083 | 0.277 | 0.028 | 0.028 |      |
| RIESGO      | NING     | NING  | -     | ALTO  | MOD   | NING  | -     | MOD   | MOD   | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING |
| CLASE       | II       |       | III   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | VI    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |

Ilustración 24: Monitoreo 2004

Fuente: DIGESA

## Anexo 3



## PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



COBRE [mg/L]

| LEY GENERAL DE AGUAS |     |     |    |
|----------------------|-----|-----|----|
| Clase                | II  | III | VI |
| Valor Límite         | 1.0 | 0.5 | -  |

|        | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--|
| MES    | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33 | E-34 | E-35 |  |
| Ene-05 | 0.005    | 1.009 | 0.273 | 0.268 | 0.058 | 0.061 | 1.331 | 0.079 | 0.058 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Feb-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Mar-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Abr-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| May-05 | 0.005    | 0.005 | 0.706 | 0.454 | 0.054 | 0.047 | 1.031 | 0.067 | 0.093 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.206 | 0.041 | 0.100 | 0.131 | 0.068 | 0.005 | 0.071 | 0.034 | 0.171 | 0.081 | 0.021 | 0.019 | 0.024 |      |      |      |  |
| Jun-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Jul-05 | 0.005    | 0.005 | 0.322 | 0.517 | 0.052 | 0.063 | 1.518 | 0.102 | 0.069 | 0.064 | 0.065 | 0.120 | 0.005 | 0.012 | 0.016 | 0.005 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Ago-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Sep-05 | 0.005    | 0.005 | 1.487 | 2.225 | 0.206 | 0.110 | 0.655 | 0.103 | 0.126 | 0.056 | 0.027 | 0.055 | 0.031 | 0.005 | 0.050 | 0.010 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |  |
| Oct-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.011 | 0.005 | 0.034 | 0.026 | 0.023 | 0.038 | 0.056 | 0.005 | 0.056 | 0.051 | 0.052 | 0.052 | 0.107 | 0.105 | 0.112 |      |      |      |  |
| Nov-05 | 0.005    | 0.070 | 1.276 | 0.565 | 1.029 | 1.315 | 0.690 | 1.401 | 0.891 | 0.122 | 0.038 | 0.113 | 0.060 | 0.005 | 0.072 | 0.016 | 0.005 | 0.021 | 0.045 | 0.055 | 0.038 | 0.044 | 0.032 | 0.008 | 0.028 | 0.024 | 0.041 | 0.046 | 0.044 | 0.039 | 0.032 |      |      |      |  |
| Dic-05 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.084 | 0.005 | 0.013 | 0.033 | 0.037 | 0.024 | 0.045 | 0.041 | 0.005 |      |      |      |  |

|             | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| ESTADÍSTICA | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-34  | E-35  |  |
| MEDIANA     | 0.005    | 0.005 | 0.706 | 0.517 | 0.058 | 0.063 | 1.031 | 0.102 | 0.093 | 0.075 | 0.033 | 0.084 | 0.018 | 0.005 | 0.033 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.040 | 0.034 | 0.031 | 0.041 | 0.081 | 0.005 | 0.042 | 0.034 | 0.047 | 0.049 | 0.045 | 0.040 | 0.028 | ####  | ####  | ####  |  |
| MÁXIMO      | 0.005    | 1.009 | 1.487 | 2.225 | 1.029 | 1.315 | 1.518 | 1.401 | 0.891 | 0.122 | 0.065 | 0.120 | 0.060 | 0.012 | 0.072 | 0.016 | 0.011 | 0.021 | 0.206 | 0.055 | 0.100 | 0.131 | 0.084 | 0.008 | 0.071 | 0.051 | 0.171 | 0.081 | 0.107 | 0.105 | 0.112 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |  |
| MÍNIMO      | 0.005    | 0.005 | 0.273 | 0.268 | 0.052 | 0.047 | 0.655 | 0.067 | 0.058 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.032 | 0.005 | 0.013 | 0.024 | 0.037 | 0.024 | 0.021 | 0.019 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |       |  |
| PERC. 90    | 0.005    | 0.633 | 1.403 | 1.561 | 0.700 | 0.833 | 1.443 | 0.882 | 0.585 | 0.114 | 0.057 | 0.118 | 0.051 | 0.010 | 0.065 | 0.014 | 0.009 | 0.016 | 0.158 | 0.051 | 0.081 | 0.105 | 0.079 | 0.008 | 0.067 | 0.046 | 0.135 | 0.072 | 0.088 | 0.086 | 0.088 | ####  | ####  | ####  |  |
| PROMEDIO    | 0.005    | 0.219 | 0.813 | 0.806 | 0.279 | 0.319 | 1.045 | 0.350 | 0.247 | 0.069 | 0.034 | 0.073 | 0.025 | 0.007 | 0.036 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.072 | 0.032 | 0.041 | 0.054 | 0.060 | 0.005 | 0.042 | 0.036 | 0.075 | 0.051 | 0.054 | 0.051 | 0.043 | ####  | ####  | ####  |  |
| MUESTRAS    | 5        | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 0     | 0     | 0     |  |
| DESV. STD.  | 0.000    | 0.443 | 0.551 | 0.801 | 0.424 | 0.557 | 0.382 | 0.588 | 0.361 | 0.051 | 0.025 | 0.054 | 0.026 | 0.004 | 0.031 | 0.005 | 0.003 | 0.009 | 0.098 | 0.015 | 0.041 | 0.052 | 0.017 | 0.001 | 0.022 | 0.014 | 0.072 | 0.019 | 0.045 | 0.045 | 0.049 | ####  | ####  | ####  |  |
| RIESGO      | NING     | NING  | -     | ALTO  | MOD   | MOD   | -     | MOD   | MOD   | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  |  |
| CLASE       | II       |       | III   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | IV    |       |       |       |       |       |       |       |       |       | VI    |       |       |       |       |  |

Ilustración 25: Monitoreo 2005  
Fuente: DIGESA

## Anexo 4



## PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



**MONITOREO DEL RÍO SAN JUAN - MANTARO Y PRINCIPALES AFLUENTES - 2006**  
**EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES POR PARÁMETRO EN ESTACIONES**

| CRITERIOS DE RIESGO (Método del Percentil) |                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NINGUNO                                    | El percentil 90 es menor o igual al valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas (LGA).                                                                                             |
| MODERADO                                   | El percentil 90 es mayor que el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas y la mediana es menor que el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas.                    |
| ALTO                                       | La mediana es igual o mayor al valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas o un resultado puntual supera más de 10 veces el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas. |
| PERCENTIL 90                               | Es el número que se encuentra en el lugar nonagésimo de un conjunto de números ordenados ascendentemente.                                                                                    |
| MEDIANA                                    | Es el número que se ubica en medio de un conjunto de números ordenados ascendentemente.                                                                                                      |

## COBRE [mg/L]

| LEY GENERAL DE AGUAS |     |     |    |
|----------------------|-----|-----|----|
| Clase                | II  | III | VI |
| Valor Límite         | 1.0 | 0.5 | -  |

|        | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| MES    | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-34 | E-35 |
| Ene-06 | 0.050    | 0.050 | 2.828 | 0.729 | 0.119 | 0.013 | 0.900 | 0.149 | 0.207 | 0.005 | 0.027 | 0.025 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.072 | 0.257 | 0.103 | 0.067 | 0.138 | 0.022 | 0.127 | 0.432 | 0.121 | 0.180 | 0.168 | 0.114 | 0.117 |       |      |      |
| Feb-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Mar-06 | 0.005    | 0.005 | 1.986 | 0.212 | 0.083 | 0.100 | 1.000 | 0.115 | 0.214 | 0.005 | 0.033 | 0.027 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Abr-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.005 | 0.087 | 0.106 | 0.071 | 0.058 | 0.111 | 0.005 | 0.110 | 0.164 | 0.038 | 0.068 | 0.081 | 0.087 | 0.030 | 0.092 |      |      |
| May-06 |          | 0.051 | 0.209 | 0.722 | 0.215 | 0.313 | 1.794 | 0.323 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Jun-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Jul-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Ago-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Sep-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Oct-06 | 0.005    | 0.005 | 1.133 | 0.454 | 0.575 | 0.404 | 2.077 | 0.482 | 0.384 | 0.054 | 0.141 | 0.049 | 0.062 | 0.005 | 0.072 | 0.029 | 0.005 | 0.018 | 0.029 | 0.076 | 0.027 | 0.489 | 0.050 | 0.016 | 0.050 | 0.040 | 0.056 | 0.025 | 0.023 | 0.039 | 0.030 |       |      |      |
| Nov-06 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Dic-06 | 0.005    | 0.005 | 1.063 | 0.142 | 0.072 | 0.075 | 0.460 | 0.095 | 0.292 | 0.005 | 0.081 | 0.049 | 0.007 | 0.018 | 0.015 | 0.026 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 |      |      |

|             | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| ESTADÍSTICA | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-34  | E-35  |  |
| MEDIANA     | 0.005    | 0.005 | 1.133 | 0.454 | 0.119 | 0.100 | 1.000 | 0.149 | 0.253 | 0.005 | 0.057 | 0.038 | 0.006 | 0.005 | 0.010 | 0.016 | 0.005 | 0.005 | 0.072 | 0.106 | 0.071 | 0.067 | 0.111 | 0.016 | 0.110 | 0.164 | 0.056 | 0.068 | 0.081 | 0.087 | 0.030 | 0.049 | ####  | ####  |  |
| MÁXIMO      | 0.050    | 0.051 | 2.828 | 0.729 | 0.575 | 0.404 | 2.077 | 0.482 | 0.384 | 0.054 | 0.141 | 0.049 | 0.062 | 0.018 | 0.072 | 0.029 | 0.005 | 0.018 | 0.087 | 0.257 | 0.103 | 0.489 | 0.138 | 0.022 | 0.127 | 0.432 | 0.121 | 0.180 | 0.168 | 0.114 | 0.117 | 0.092 | 0.000 | 0.000 |  |
| MÍNIMO      | 0.005    | 0.005 | 0.209 | 0.142 | 0.072 | 0.013 | 0.460 | 0.095 | 0.207 | 0.005 | 0.027 | 0.025 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.029 | 0.076 | 0.027 | 0.058 | 0.050 | 0.005 | 0.050 | 0.040 | 0.038 | 0.025 | 0.023 | 0.039 | 0.030 | 0.005 | 0.000 | 0.000 |  |
| PERC. 90    | 0.037    | 0.051 | 2.491 | 0.726 | 0.431 | 0.368 | 1.964 | 0.418 | 0.356 | 0.039 | 0.123 | 0.049 | 0.046 | 0.014 | 0.055 | 0.028 | 0.005 | 0.015 | 0.084 | 0.227 | 0.097 | 0.405 | 0.133 | 0.021 | 0.124 | 0.378 | 0.108 | 0.158 | 0.151 | 0.109 | 0.100 | 0.083 | ####  | ####  |  |
| PROMEDIO    | 0.016    | 0.023 | 1.444 | 0.452 | 0.213 | 0.181 | 1.246 | 0.233 | 0.274 | 0.017 | 0.071 | 0.038 | 0.020 | 0.008 | 0.024 | 0.016 | 0.005 | 0.009 | 0.063 | 0.146 | 0.067 | 0.205 | 0.100 | 0.014 | 0.096 | 0.212 | 0.072 | 0.091 | 0.091 | 0.060 | 0.059 | 0.049 | ####  | ####  |  |
| MUESTRAS    | 4        | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 0     | 0     |  |
| DES. STD.   | 0.023    | 0.026 | 1.125 | 0.247 | 0.225 | 0.182 | 0.582 | 0.170 | 0.100 | 0.028 | 0.064 | 0.013 | 0.033 | 0.000 | 0.039 | 0.014 | 0.000 | 0.008 | 0.030 | 0.097 | 0.038 | 0.246 | 0.045 | 0.009 | 0.040 | 0.200 | 0.044 | 0.080 | 0.073 | 0.038 | 0.050 | 0.062 | ####  | ####  |  |
| RIESGO      | NING     | NING  | -     | MOD   | NING  | NING  | ALTO  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | -     | -     | -     |  |
| CLASE       | II       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | III   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | VI    |       |       |       |  |

Ilustración 26: Monitoreo 2006  
Fuente: DIGESA



## Anexo 5



## PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

DESA PASCO-  
JUNIN-AYACUCHO  
HUANCAVELICA

**MONITOREO DEL RÍO SAN JUAN - MANTARO Y PRINCIPALES AFLUENTES - 2007**  
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES POR PARÁMETRO EN ESTACIONES

| CRITERIOS DE RIESGO (Método del Percentil) |                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NINGUNO                                    | El percentil 90 es menor o igual al valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas (LGA).                                                                                             |
| MODERADO                                   | El percentil 90 es mayor que el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas y la mediana es menor que el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas.                    |
| ALTO                                       | La mediana es igual o mayor al valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas o un resultado puntual supera más de 10 veces el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas. |
| PERCENTIL 90                               | Es el número que se encuentra en el lugar nonagésimo de un conjunto de números ordenados ascendentemente.                                                                                    |
| MEDIANA                                    | Es el número que se ubica en medio de un conjunto de números ordenados ascendentemente.                                                                                                      |

## COBRE [mg/L]

| LEY GENERAL DE AGUAS |     |     |    |
|----------------------|-----|-----|----|
| Clase                | II  | III | VI |
| Valor Límite         | 1.0 | 0.5 | -  |

|                 | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MES             | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-33A | E-33B | E-33C | E-34  | E-35  | E-36  |       |
| Ene-07          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.007 | 0.470 | 0.228 | 0.072 | 0.043 | 0.010 | 0.050 | 0.047 | 0.064 | 0.081 | 0.075 | 0.098 | 0.080 | 0.050 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Feb-07          | 0.005    | 0.005 | 1.224 | 0.142 | 0.049 | 0.056 | 0.975 | 0.059 | 0.061 | 0.006 | 0.032 | 0.028 | 0.016 | 0.008 | 0.012 | 0.028 | 0.007 | 0.005 | 0.193 | 0.100 | 0.080 | 0.089 | 0.066 | 0.005 | 0.056 | 0.035 | 0.028 | 0.034 | 0.026 | 0.031 | 0.032 | 0.011 | 0.021 | 0.050 | 0.048 | 0.016 | 0.009 | 0.058 |       |
| Mar-07          | 0.005    | 0.005 | 1.286 | 0.146 | 0.063 | 0.059 | 1.151 | 0.069 | 0.119 |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.022 | 0.059 | 0.442 | 0.131 | 0.078 | 0.010 | 0.154 | 0.156 | 0.162 | 0.175 | 0.163 | 0.160 | 0.173 | 0.151 |       | 0.081 | 0.023 | 0.013 |       |       |       |       |
| Abr-07          | 0.005    | 0.005 | 3.508 | 0.146 | 0.127 | 0.134 | 3.051 | 0.174 | 0.207 | 0.013 | 0.093 | 0.030 | 0.027 | 0.012 | 0.019 | 0.019 | 0.005 | 0.017 | 0.042 | 0.525 | 0.090 | 0.053 | 0.085 | 0.009 | 0.081 | 0.061 | 0.054 | 0.057 | 0.064 | 0.071 | 0.053 | 0.017 |       |       |       | 0.106 | 0.107 |       |       |
| May-07          | 0.005    | 0.005 | 1.076 | 0.242 | 0.055 | 0.053 | 2.254 | 0.084 | 0.114 | 0.028 | 0.383 | 0.028 | 0.015 | 0.011 | 0.025 | 0.022 | 0.005 | 0.013 | 0.076 | 0.035 | 0.034 | 0.067 | 0.044 | 0.006 | 0.041 | 0.020 | 0.036 | 0.027 | 0.029 | 0.033 | 0.041 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Jun-07          | 0.005    | 0.005 | 1.405 | 0.208 | 0.269 | 0.538 | 1.293 | 0.306 | 0.204 | 0.018 | 0.316 | 0.022 | 0.013 | 0.006 | 0.019 | 0.013 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.011 | 0.044 | 0.007 |
| Jul-07          | 0.005    |       | 1.576 | 3.037 |       |       | 1.803 | 0.139 |       | 0.023 | 0.111 | 0.023 | 0.015 | 0.006 | 0.025 | 0.013 | 0.005 | 0.014 | 0.054 | 0.062 | 0.045 | 0.041 | 0.038 | 0.005 | 0.041 | 0.086 | 0.031 | 0.027 | 0.026 | 0.031 | 0.024 |       | 0.005 | 0.005 | 0.005 |       |       | 0.009 |       |
| Ago-07          | 0.005    | 0.005 | 1.275 | 0.768 | 0.241 | 0.116 | 1.352 | 0.173 | 0.237 | 0.036 | 0.073 | 0.036 | 0.023 | 0.010 | 0.030 | 0.019 | 0.016 | 0.005 | 0.098 | 0.067 | 0.047 | 0.040 | 0.037 | 0.005 | 0.036 | 0.031 | 0.047 | 0.031 | 0.021 | 0.019 | 0.022 | 0.006 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.008 |       |
| Sep-07          | 0.005    | 0.005 | 0.924 | 0.504 | 0.048 | 0.214 | 0.584 | 0.310 | 0.555 | 0.041 | 0.144 | 0.042 | 0.025 | 0.007 | 0.033 | 0.016 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.012 | 0.005 | 0.009 |       |
| Oct-07          | 0.005    | 0.005 | 2.037 | 1.232 | 0.206 | 0.675 | 0.695 | 0.749 | 0.298 | 0.064 | 0.183 | 0.062 | 0.017 | 0.005 | 0.024 | 0.022 | 0.005 | 0.034 | 0.057 | 2.028 | 0.055 | 0.059 | 0.036 | 0.005 | 0.032 | 0.044 | 0.327 | 0.063 | 0.023 | 0.042 | 0.036 |       | 0.005 | 0.006 | 0.108 | 0.012 | 0.010 | 0.005 |       |
| Nov / Dic II-07 |          |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.065 | 0.310 | 0.080 | 0.145 | 0.005 | 0.140 | 0.019 | 0.006 | 0.025 | 0.088 | 0.116 | 0.058 | 0.049 | 0.043 | 0.005 | 0.039 | 0.038 | 0.089 | 0.032 | 0.027 | 0.028 | 0.025 | 0.005 | 0.008 | 0.030 | 0.066 | 0.016 | 0.005 | 0.005 |       |
| Dic-07          | 0.005    | 0.005 | 2.886 | 0.294 | 0.307 | 0.367 | 2.730 | 0.463 | 0.611 | 0.132 | 0.162 | 0.137 | 0.199 | 0.005 | 0.307 | 0.039 | 0.005 | 0.045 | 0.052 | 0.024 | 0.047 | 0.047 | 0.045 | 0.005 | 0.055 | 0.043 | 0.245 | 0.051 | 0.038 | 0.046 | 0.048 |       |       |       |       |       |       |       |       |

|             | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ESTADÍSTICA | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-33A | E-33B | E-33C | E-34  | E-35  | E-36  |
| MEDIANA     | 0.005    | 0.005 | 1.346 | 0.268 | 0.127 | 0.134 | 1.323 | 0.174 | 0.207 | 0.032 | 0.153 | 0.033 | 0.020 | 0.007 | 0.025 | 0.019 | 0.005 | 0.016 | 0.068 | 0.108 | 0.057 | 0.051 | 0.041 | 0.005 | 0.044 | 0.044 | 0.068 | 0.043 | 0.028 | 0.038 | 0.039 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | 0.010 | 0.012 | 0.009 | 0.008 |
| MÁXIMO      | 0.005    | 0.005 | 4     | 3.037 | 0.307 | 0.675 | 3.051 | 0.749 | 0.611 | 0.132 | 0.383 | 0.137 | 0.199 | 0.012 | 0.307 | 0.039 | 0.016 | 0.045 | 0.470 | 2.028 | 0.131 | 0.089 | 0.085 | 0.154 | 0.156 | 0.162 | 0.327 | 0.163 | 0.160 | 0.173 | 0.151 | 0.017 | 0.081 | 0.050 | 0.108 | 0.106 | 0.107 | 0.058 |
| MÍNIMO      | 0.005    | 0.005 | 0.924 | 0.142 | 0.048 | 0.053 | 0.584 | 0.059 | 0.061 | 0.006 | 0.032 | 0.022 | 0.013 | 0.005 | 0.012 | 0.013 | 0.005 | 0.005 | 0.042 | 0.024 | 0.034 | 0.040 | 0.010 | 0.005 | 0.032 | 0.020 | 0.028 | 0.027 | 0.021 | 0.019 | 0.022 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| PERC. 90    | 0.005    | 0.005 | 2.9   | 1.413 | 0.277 | 0.565 | 2.762 | 0.492 | 0.566 | 0.072 | 0.323 | 0.086 | 0.150 | 0.011 | 0.157 | 0.029 | 0.008 | 0.035 | 0.221 | 0.675 | 0.094 | 0.079 | 0.068 | 0.060 | 0.089 | 0.094 | 0.253 | 0.084 | 0.104 | 0.089 | 0.063 | 0.014 | 0.039 | 0.036 | 0.079 | 0.052 | 0.069 | 0.029 |
| PROMEDIO    | 0.005    | 0.005 | 1.7   | 0.672 | 0.152 | 0.246 | 1.589 | 0.253 | 0.267 | 0.043 | 0.181 | 0.049 | 0.050 | 0.008 | 0.063 | 0.021 | 0.006 | 0.019 | 0.119 | 0.363 | 0.066 | 0.057 | 0.041 | 0.025 | 0.058 | 0.058 | 0.111 | 0.056 | 0.051 | 0.055 | 0.046 | 0.009 | 0.017 | 0.016 | 0.032 | 0.025 | 0.026 | 0.014 |
| MUESTRAS    | 10       | 9     | 10    | 10    | 9     | 9     | 10    | 10    | 9     | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 8     | 8     | 8     | 8     | 7     | 7     | 7     |
| DESV. STD.  | 0.000    | 0.000 | 0.8   | 0.946 | 0.093 | 0.241 | 0.791 | 0.216 | 0.154 | 0.021 | 0.124 | 0.020 | 0.042 | 0.003 | 0.039 | 0.005 | 0.004 | 0.010 | 0.136 | 0.635 | 0.030 | 0.017 | 0.024 | 0.050 | 0.039 | 0.043 | 0.098 | 0.044 | 0.048 | 0.048 | 0.040 | 0.005 | 0.026 | 0.017 | 0.039 | 0.036 | 0.038 | 0.019 |
| RIESGO      | NING     | NING  | -     | MOD   | NING  | MOD   | -     | NING  | MOD   | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | MOD   | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| CLASE       | II       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | III   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | VI    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Ilustración 27: Monitoreo 2007

Fuente: DIGESA



## Anexo 6

|                                                                                   |                               |                                                                        |                                                                                     |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|  | MINISTERIO DE SALUD<br>DIGESA | PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS |  | DESA PASCO-<br>JUNÍN-AYACUCHO<br>HUANCAYELICA |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|

**MONITOREO DEL RÍO SAN JUAN - MANTARO Y PRINCIPALES AFLUENTES - 2008**  
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES POR PARÁMETRO EN ESTACIONES

| CRITERIOS DE RIESGO (Método del Percentil) |                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NINGUNO                                    | El percentil 90 es menor o igual al valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas (LGA).                                                                                             |
| MODERADO                                   | El percentil 90 es mayor que el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas y la mediana es menor que el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas.                    |
| ALTO                                       | La mediana es igual o mayor al valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas o un resultado puntual supera más de 10 veces el valor límite del parámetro de la Ley General de Aguas. |
| PERCENTIL 90                               | Es el número que se encuentra en el lugar nonagésimo de un conjunto de números ordenados ascendentemente.                                                                                    |
| MEDIANA                                    | Es el número que se ubica en medio de un conjunto de números ordenados ascendentemente.                                                                                                      |

## COBRE [mg/L]

| LEY GENERAL DE AGUAS |     |     |    |
|----------------------|-----|-----|----|
| Clase                | II  | III | VI |
| Valor Límite         | 1.0 | 0.5 | -  |

|        | ESTACIÓN |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MES    | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-33A | E-33B | E-33C | E-34  | E-35  | E-36  |       |       |
| Ene-08 | 0.004    | 0.004 | 0.992 | 0.453 | 0.140 | 0.173 | 1.791 | 0.212 | 0.194 | 0.008 | 0.035 | 0.021 |       |       |       |       | 0.022 | 0.027 | 0.082 | 1.060 | 0.137 | 0.247 | 0.830 | 0.030 | 0.512 | 0.147 | 0.147 | 0.164 | 0.118 | 0.183 | 0.134 | 0.109 | 0.065 | 0.029 | 0.036 | 0.062 | 0.071 | 0.057 |       |       |
| Feb-08 | 0.019    | 0.022 | 0.992 | 0.180 | 0.079 | 0.082 | 2.962 | 0.240 | 0.159 | 0.025 | 0.064 | 0.038 |       |       |       |       | 0.005 | 0.005 | 0.114 | 0.410 | 0.149 | 0.129 | 0.121 | 0.009 | 0.102 | 0.073 | 0.065 | 0.096 | 0.058 | 0.091 | 0.111 | 0.088 |       |       |       | 0.093 | 0.083 |       |       |       |
| Mar-08 | 0.015    | 0.005 | 0.909 | 0.298 | 0.101 | 0.091 | 1.041 | 0.103 | 0.147 | 0.005 | 0.109 | 0.123 | 0.008 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.076 | 0.111 | 0.045 | 0.050 | 0.075 | 0.008 | 0.062 | 0.036 | 0.023 | 0.049 | 0.023 | 0.022 | 0.023 | 0.014 |       |       | 0.024 | 0.025 |       |       |       |       |
| Abr-08 | 0.005    | 0.005 | 0.439 | 0.523 | 0.224 | 0.194 | 1.180 | 0.195 | 0.347 | 0.007 | 0.159 | 0.094 | 0.007 | 0.007 | 0.008 | 0.005 | 0.009 | 0.005 | 0.089 | 0.114 | 0.051 | 0.055 | 0.054 | 0.005 | 0.108 | 0.084 | 0.040 | 0.058 | 0.046 | 0.045 | 0.036 | 0.005 | 0.005 | 0.011 | 0.012 | 0.007 | 0.006 | 0.014 |       |       |
| May-08 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.006 | 0.009 |
| Jun-08 | 0.005    | 0.005 | 0.813 | 0.486 | 0.059 | 0.186 | 1.050 | 0.240 | 0.242 | 0.033 | 0.085 | 0.035 | 0.024 | 0.011 | 0.032 | 0.018 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.005 | 0.005 |       |       |
| Jul-08 | 0.005    | 0.005 | 0.707 | 0.486 | 0.042 | 0.190 | 0.526 | 0.341 | 0.260 | 0.069 | 0.035 | 0.085 | 0.049 | 0.005 | 0.049 | 0.018 | 0.005 | 0.017 | 0.052 | 0.089 | 0.005 | 0.040 | 0.034 | 0.005 | 0.026 | 0.032 | 0.049 | 0.068 | 0.061 | 0.068 | 0.062 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.195 | 0.005 | 0.005 |       |       |
| Ago-08 |          |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.054 | 0.030 | 0.045 | 0.014 | 0.005 | 0.010 | 0.009 | 0.005 | 0.010 | 0.060 | 0.159 | 0.034 | 0.052 | 0.088 | 0.005 | 0.071 | 0.035 | 0.053 | 0.130 | 0.102 | 0.102 | 0.106 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.013 |       |       |       |
| Sep-08 | 0.005    | 0.005 | 0.370 | 0.400 | 0.079 | 0.170 | 1.310 | 0.246 | 0.795 | 0.027 | 0.138 | 0.024 | 0.067 | 0.005 | 0.051 | 0.011 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.014 | 0.022 | 0.005 |
| Oct-08 | 0.005    | 0.005 | 0.424 | 1.460 | 0.054 | 0.215 | 1.065 | 0.105 | 0.110 | 0.066 | 0.169 | 0.065 | 0.053 | 0.005 | 0.056 | 0.010 | 0.008 | 0.021 |       | 0.288 | 0.057 | 0.066 | 0.042 | 0.010 | 0.042 | 0.035 | 0.036 | 0.039 | 0.037 | 0.058 | 0.041 | 0.005 |       |       | 0.005 | 0.005 |       |       |       |       |
| Nov-08 | 0.005    | 0.005 | 1.390 | 2.110 | 0.133 | 0.338 | 2.400 | 0.359 | 0.195 |       |       |       |       |       |       |       | 0.007 | 0.017 | 0.050 | 0.091 | 0.026 | 0.026 | 0.018 | 0.005 | 0.016 | 0.013 | 0.022 | 0.013 | 0.014 | 0.012 | 0.011 | 0.009 |       |       | 0.015 | 0.016 |       |       |       |       |
| Dic-08 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.005 | 0.009 | 0.032 | 0.077 | 0.021 | 0.022 | 0.022 | 0.013 | 0.064 | 0.018 | 0.082 | 0.039 | 0.045 | 0.038 | 0.039 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.017 | 0.016 | 0.020 |       |       |

|             | ESTACION |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ESTADISTICA | E-01     | E-02  | E-03  | E-04  | E-4A  | E-4B  | E-05  | E-06  | E-08  | E-09  | E-10  | E-11  | E-12  | E-13  | E-14  | E-15  | E-16A | E-16  | E-17  | E-18  | E-19  | E-23  | E-24  | E-25  | E-26  | E-27  | E-28  | E-29  | E-30  | E-31  | E-32  | E-33  | E-33A | E-33B | E-33C | E-34  | E-35  | E-36  |
| MEDIANA     | 0.005    | 0.005 | 0.813 | 0.486 | 0.079 | 0.186 | 1.180 | 0.240 | 0.195 | 0.027 | 0.085 | 0.045 | 0.024 | 0.005 | 0.032 | 0.010 | 0.005 | 0.010 | 0.068 | 0.114 | 0.045 | 0.052 | 0.054 | 0.008 | 0.064 | 0.035 | 0.049 | 0.058 | 0.046 | 0.058 | 0.041 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.008 | 0.015 | 0.015 | 0.012 |
| MÁXIMO      | 0.019    | 0.022 | 1.390 | 2.110 | 0.224 | 0.338 | 2.962 | 0.359 | 0.795 | 0.069 | 0.169 | 0.123 | 0.067 | 0.011 | 0.056 | 0.018 | 0.022 | 0.027 | 0.114 | 1.080 | 0.149 | 0.247 | 0.830 | 0.030 | 0.512 | 0.147 | 0.147 | 0.164 | 0.118 | 0.183 | 0.134 | 0.109 | 0.065 | 0.029 | 0.036 | 0.195 | 0.083 | 0.057 |
| MÍNIMO      | 0.004    | 0.004 | 0.370 | 0.180 | 0.042 | 0.082 | 0.526 | 0.103 | 0.110 | 0.005 | 0.030 | 0.021 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.032 | 0.077 | 0.005 | 0.022 | 0.018 | 0.005 | 0.016 | 0.013 | 0.022 | 0.013 | 0.014 | 0.012 | 0.011 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| PERC. 90    | 0.016    | 0.008 | 1.072 | 1.590 | 0.157 | 0.240 | 2.512 | 0.345 | 0.437 | 0.067 | 0.161 | 0.100 | 0.059 | 0.009 | 0.053 | 0.018 | 0.012 | 0.022 | 0.097 | 0.540 | 0.139 | 0.153 | 0.263 | 0.016 | 0.187 | 0.097 | 0.095 | 0.137 | 0.105 | 0.118 | 0.116 | 0.081 | 0.035 | 0.020 | 0.024 | 0.090 | 0.068 | 0.039 |
| PROMEDIO    | 0.008    | 0.007 | 0.8   | 0.708 | 0.101 | 0.182 | 1.481 | 0.227 | 0.272 | 0.033 | 0.092 | 0.059 | 0.032 | 0.008 | 0.030 | 0.011 | 0.008 | 0.013 | 0.069 | 0.267 | 0.058 | 0.076 | 0.143 | 0.010 | 0.111 | 0.053 | 0.057 | 0.073 | 0.056 | 0.069 | 0.063 | 0.022 | 0.015 | 0.010 | 0.012 | 0.037 | 0.023 | 0.018 |
| MUESTRAS    | 9        | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 7     | 7     | 7     | 7     | 9     | 9     | 8     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 9     | 12    | 6     | 6     | 12    | 12    | 6     |       |
| DESV. STD.  | 0.005    | 0.006 | 0.3   | 0.640 | 0.057 | 0.074 | 0.768 | 0.088 | 0.208 | 0.025 | 0.055 | 0.035 | 0.024 | 0.002 | 0.022 | 0.005 | 0.006 | 0.008 | 0.023 | 0.331 | 0.052 | 0.073 | 0.274 | 0.009 | 0.163 | 0.043 | 0.040 | 0.050 | 0.036 | 0.054 | 0.046 | 0.038 | 0.027 | 0.010 | 0.013 | 0.059 | 0.028 | 0.022 |
| RIESGO      | NING     | NING  | -     | MOD   | NING  | NING  | -     | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | MOD   | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  | NING  |
| CLASE       | II       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | III   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | VI    |       |

Ilustración 28: Monitoreo 2008  
Fuente: DIGESA



## Anexo 7

INFORME TÉCNICO DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA DEL RÍO MANTARO - 2015

Cuadro Nº 05: Resultados de Monitoreo en la Cuenca del Mantaro (ALA Pasco)

| FECHAS Y HORA DE MONITOREO          |            |                    |                              | 11/11/2015<br>13:30 | 11/11/2015<br>12:45 | 11/11/2015<br>14:30 | 13/11/2015<br>11:30 | 13/11/2015<br>10:45 | 13/11/2015<br>14:45 |
|-------------------------------------|------------|--------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Parámetros                          | Unidades   | ECA<br>Categoría 3 | ECA<br>Categoría 4           | LHuar1              | LHuar2              | LNat1               | RAnt1               | RSJos1              | LAngas1             |
| <b>Aforo</b>                        |            |                    |                              |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Caudal                              | m³/s       |                    |                              | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   |
| <b>Parámetros de Físico químico</b> |            |                    |                              |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| pH                                  |            | 6.5 - 8.5          | 6.5 - 8.5                    | 9.07                | 8.87                | 9.07                | 8.32                | 7.76                | 9.26                |
| Temperatura                         | °C         | -                  | -                            | 14.20               | 13                  | 18.50               | 13.24               | 10.45               | 13.05               |
| Conductividad                       | uS/cm      | < 2000             | -                            | 190.70              | 171.40              | 1,580               | 1,198               | 1,157               | 134.90              |
| Oxígeno Disuelto (O₂)               | mg/L       | >=4                | >5                           | 7.37                | 5.68                | 4.28                | 6.17                | 6.44                | 6.36                |
| Aceites y Grasas (Zl)               | mg/L       | 1                  | Ausencia de película visible | ND(<1)              | ND(<1)              | ND(<1)              | ND(<1)              | ND(<1)              | ND(<1)              |
| Alcalinidad                         | mg/L       | -                  | -                            | -                   | -                   | -                   | 112.50              | 63.10               | -                   |
| Cianuro Libre                       | mg/L       | -                  | 0.02                         | ND(<0.004)          | ND(<0.004)          | ND(<0.004)          | -                   | -                   | ND(<0.004)          |
| Cianuro WAD                         | mg/L       | 0.1                | -                            | -                   | -                   | -                   | ND(<0.004)          | ND(<0.004)          | -                   |
| Clorofila                           | mg/L       | -                  | 10.00                        | ND(<0.1)            | ND(<0.1)            | ND(<0.1)            | -                   | -                   | 3.2                 |
| Cloruros                            | mg/L       | 100-700            | -                            | -                   | -                   | -                   | 43.50               | 11.20               | -                   |
| DBO₅                                | mg/L       | 15                 | <5                           | ND(<3)              | ND(<3)              | 5.00                | 6                   | 4                   | 4                   |
| DQO                                 | mg/L       | 40                 | -                            | 28                  | 24                  | 24                  | 16                  | 16                  | 32                  |
| Detergentes                         | mg/L       | 1                  | -                            | -                   | -                   | -                   | ND(<0.06)           | ND(<0.06)           | -                   |
| Fenoles (Rango Bajo)                | mg/L       | 0.001              | 0.00                         | ND(<0.0007)         | ND(<0.0007)         | ND(<0.0007)         | ND(<0.0007)         | ND(<0.0007)         | ND(<0.0007)         |
| Fósforo Total                       | mg/L       | -                  | -                            | 0.02                | 0.03                | 0.04                | -                   | -                   | 0.08                |
| N-Amónico                           | mg/L       | -                  | <0.02                        | 0.01                | 0.02                | 0.39                | -                   | -                   | 0.02                |
| N-Nitrato                           | mg/L       | 10                 | 5.00                         | ND(<0.05)           | ND(<0.05)           | 0.33                | 1.00                | 0.78                | 0.20                |
| N-Nitrato                           | mg/L       | 0.06               | -                            | -                   | -                   | -                   | 0.32                | 0.17                | -                   |
| P-Fosfato                           | mg/L       | 1                  | 0.40                         | 0.02                | 0.02                | 0.04                | 0.02                | ND(<0.007)          | ND(<0.007)          |
| Sólidos Totales en Suspensión       | mg/L       | -                  | <=25                         | ND(<1)              | ND(<1)              | 6.00                | 12.00               | 43.00               | 18.00               |
| Sulfatos (Turbidimétrico)           | mg/L       | 300                | -                            | -                   | -                   | -                   | 447.70              | 608.40              | -                   |
| Sulfuro                             | mg/L       | 0.05               | -                            | -                   | -                   | -                   | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | -                   |
| <b>Parámetros Inorgánicos</b>       |            |                    |                              |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Aluminio Total                      | mg/L       | 5                  | -                            | 0.05                | 0.04                | 0.13                | 0.27                | 0.40                | 0.02                |
| Antimonio Total                     | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.006)          | ND(<0.006)          | 0.03                | 0.02                | 0.01                | ND(<0.006)          |
| Arsénico Total                      | mg/L       | 0.05               | 0.01                         | 0.01                | 0.01                | 0.04                | 0.02                | 0.06                | ND(<0.007)          |
| Bario Total                         | mg/L       | 0.7                | 0.70                         | 0.04                | 0.02                | 0.04                | 0.03                | 0.04                | 0.00                |
| Berilio Total                       | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.0005)         | ND(<0.0005)         | ND(<0.0005)         | ND(<0.0005)         | ND(<0.0005)         | ND(<0.0005)         |
| Boro Total                          | mg/L       | 0.5-6              | -                            | 0.06                | 0.06                | 1.72                | 0.83                | 0.28                | 0.01                |
| Cadmio Total                        | mg/L       | 0.005              | 0.004                        | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | 0.002               | 0.003               | ND(<0.001)          |
| Calcio Total                        | mg/L       | -                  | -                            | 26.07               | 23.30               | 236.80              | 162.50              | 201.50              | 22.11               |
| Cobalto Total                       | mg/L       | 0.05               | -                            | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          |
| Cobre Total                         | mg/L       | 0.2                | 0.02                         | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | 0.03                | 0.04                | ND(<0.002)          |
| Cromo Total                         | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | 0.01                | 0.02                | 0.01                | ND(<0.001)          |
| Estaño Total                        | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.003)          | ND(<0.003)          | ND(<0.003)          | ND(<0.003)          | ND(<0.003)          | ND(<0.003)          |
| Estroncio Total                     | mg/L       | -                  | -                            | 0.21                | 0.20                | 3.37                | 1.84                | 3.66                | 0.14                |
| Hierro Total                        | mg/L       | 1                  | -                            | 0.05                | 0.03                | 0.14                | 0.77                | 2.43                | 0.05                |
| Litio Total                         | mg/L       | 2.5                | -                            | 0.00                | 0.00                | 0.71                | 0.24                | 0.05                | 0.00                |
| Magnesio Total                      | mg/L       | 150                | -                            | 2.71                | 2.59                | 22.28               | 15.39               | 13.84               | 3.60                |
| Manganeso Total                     | mg/L       | 0.2                | -                            | 0.02                | 0.06                | 0.65                | 3.00                | 1.93                | 0.02                |
| Molibdeno Total                     | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | 0.21                | 0.06                | 0.01                | ND(<0.002)          |
| Níquel Total                        | mg/L       | 0.2                | 0.03                         | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | 0.01                | 0.003               | ND(<0.002)          |
| Plata Total                         | mg/L       | 0.05               | -                            | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          | ND(<0.002)          |
| Plomo Total                         | mg/L       | 0.05               | 0.001                        | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | 0.02                | 0.02                | 0.03                | ND(<0.001)          |
| Potasio Total                       | mg/L       | -                  | -                            | 0.89                | 0.78                | 15.35               | 8.77                | 3.57                | 2.94                |
| Selenio Total                       | mg/L       | 0.05               | -                            | ND(<0.006)          | ND(<0.006)          | ND(<0.006)          | ND(<0.006)          | ND(<0.006)          | ND(<0.006)          |
| Sodio Total                         | mg/L       | 200                | -                            | 3.09                | 2.77                | 61.41               | 32.62               | 20.39               | 0.72                |
| Talio Total                         | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.007)          | ND(<0.007)          | ND(<0.007)          | ND(<0.007)          | ND(<0.007)          | ND(<0.007)          |
| Titanio Total                       | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          |
| Vanadio Total                       | mg/L       | -                  | -                            | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          | ND(<0.001)          |
| Zinc Total                          | mg/L       | 2                  | 0.03                         | 0.02                | 0.02                | 0.06                | 0.44                | 0.92                | 0.04                |
| Mercurio Total                      | mg/L       | 0.001              | 0.0001                       | ND(<0.0001)         | ND(<0.0001)         | ND(<0.0001)         | ND(<0.0001)         | ND(<0.0001)         | ND(<0.0001)         |
| <b>Parámetros Microbiológicos</b>   |            |                    |                              |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Num. Coliformes Termotolerantes     | NMP/100 mL | 1000               | 1,000                        | ND(<1.8)            | ND(<1.8)            | ND(<1.8)            | 1,100               | 70                  | 46                  |
| Num. Escherichia Coli               | NMP/100 mL | 100                | -                            | ND(<1.8)            | ND(<1.8)            | ND(<1.8)            | 110                 | 23                  | 2                   |

Fuente: Resultados de ensayo del Laboratorio NSF ENVIROLAB.

Parámetros que afectan la calidad del agua ECA-Agua

Ilustración 29: Monitoreo 2015

Fuente: AAA MANTARO



## Anexo 8

PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional del Agua

Autoridad Administrativa del Agua X Mantaro

Cuadro N° 05. Resultados de Monitoreo en la Cuenca del Mantaro (ALA Pasco)

| Puntos de Monitoreo        |                                 |                    |                    | LHuar1     | LHuar2       | LNati1       | RSJos1       | RAnti1       |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Datos: Fecha/Hora/Caudal   |                                 |                    |                    |            |              |              |              |              |
| Fecha                      | dd.mm.aa                        |                    |                    | 20.04.2016 | 20.04.2016   | 20.04.2016   | 19.04.2016   | 19.04.2016   |
| Hora                       | Hrs.                            |                    |                    | 11:45      | 10:45        | 12:30        | 10:45        | 12:00        |
| Caudal                     | m³/s                            |                    |                    | -          | -            | -            | -            | -            |
|                            | Unidades                        | ECA<br>Categoría 3 | ECA<br>Categoría 4 |            |              |              |              |              |
| Parámetros Fisicoquímicos  |                                 |                    |                    |            |              |              |              |              |
| 1                          | pH                              | 6.5-8.5            | 6.5-9.0            | 8.64       | 8.39         | 7.42         | 7.75         | 8.02         |
| 2                          | Temperatura                     | °C                 | Δ3                 | 13.38      | 12.16        | 20.17        | 11.14        | 14.05        |
| 3                          | Conductividad                   | uS/cm              | 2 500              | 1 000      | 220.07       | 164.70       | 1820         | 860.90       |
| 4                          | Oxígeno Disuelto                | mg/L               | 4                  | >=5        | 7.36         | 6.26         | -            | 6.33         |
| 5                          | Aceites y Grasas                | mg/L               | 5                  | 5          | ND(<1)       | ND(<1)       | ND(<1)       | ND(<1)       |
| 6                          | Alcalinidad Total               | mg/L               |                    |            | N.R.         | N.R.         | N.R.         | N.R.         |
| 7                          | Cianuro WAD                     | mg/L               | 0.1                | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | ND(<0.004)   |
| 8                          | Clorofila                       | mg/L               | **                 | 0.008      | ND(<0.1)     | ND(<0.1)     | ND(<0.1)     | N.R.         |
| 9                          | Cloruros                        | mg/L               | 500                | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | 9.20         |
| 10                         | DBO <sub>5</sub>                | mg/L               | 15                 | 5          | ND(<3)       | ND(<3)       | ND(<3)       | ND(<3)       |
| 11                         | DQO                             | mg/L               | 40                 | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | 6            |
| 12                         | Detergentes (SAM)               | mg/L               | 0.2                | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | ND(<0.06)    |
| 13                         | Fenoles (Rango Bajo)            | mg/L               | 0.002              | 2.56       | ND(<0.0007)  | ND(<0.0007)  | ND(<0.0007)  | ND(<0.0007)  |
| 14                         | Fósforo Total                   | mg/L               | **                 | 0.035      | ND(<0.009)   | ND(<0.009)   | 0.009        | N.R.         |
| 15                         | Fósforo                         | mg/L               | **                 | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | N.R.         |
| 16                         | Nitratos                        | mg/L               | **                 | 13         | ND(<0.05)    | ND(<0.05)    | 0.62         | 0.15         |
| 17                         | Amoníaco                        | mg/L               | **                 | 1.9        | ND(<0.01)    | 0.04         | 0.60         | N.R.         |
| 18                         | Nitrogeno total                 | mg/L               | **                 | 0.315      | 0.399        | 0.519        | 1.814        | N.R.         |
| 19                         | Nitritos                        | mg/L               | 10                 | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | ND(<0.005)   |
| 20                         | Sólidos Totales en Suspensión   | mg/L               | **                 | <=25       | ND(<1)       | 3            | 1            | N.R.         |
| 21                         | Sulfatos                        | mg/L               | 1000               | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | 324.5        |
| 22                         | Sulfuros                        | mg/L               | **                 | 0.002      | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | N.R.         |
| Parámetros Inorgánicos     |                                 |                    |                    |            |              |              |              |              |
| 23                         | Aluminio Total                  | mg/L               | 5                  | **         | 0.048        | 0.011        | 0.079        | 0.169        |
| 24                         | Antimonio Total                 | mg/L               | **                 | 0.61       | 0.011        | ND(<0.006)   | 0.032        | 0.019        |
| 25                         | Arsénico Total                  | mg/L               | 0.1                | 0.15       | 0.0096       | ND(<0.007)   | 0.046        | 0.016        |
| 26                         | Bario Total                     | mg/L               | 0.7                | 0.7        | 0.033        | 0.019        | 0.034        | 0.027        |
| 27                         | Berilio Total                   | mg/L               | 0.1                | **         | ND(<0.0005)  | ND(<0.0005)  | ND(<0.0005)  | ND(<0.0005)  |
| 28                         | Boro Total                      | mg/L               | 1                  | **         | 0.013        | 0.010        | 1.869        | 0.174        |
| 29                         | Cadmio Total                    | mg/L               | 0.01               | 0.00025    | ND(<0.00018) | ND(<0.00018) | ND(<0.00018) | 0.00857      |
| 30                         | Calcio Total                    | mg/L               | **                 | **         | 29.22        | 20.57        | 250.6        | 124.0        |
| 31                         | Cobalto Total                   | mg/L               | 0.05               | **         | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | 0.001        |
| 32                         | Cobre Total                     | mg/L               | 0.2                | 0.1        | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | 0.003        | 0.006        |
| 33                         | Cromo Total                     | mg/L               | 0.1                | **         | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   |
| 34                         | Estaño Total                    | mg/L               | **                 | **         | ND(<0.003)   | ND(<0.003)   | ND(<0.003)   | 0.006        |
| 35                         | Estroncio Total                 | mg/L               | **                 | **         | 0.2094       | 0.1848       | 3.8138       | 2.693        |
| 36                         | Hierro Total                    | mg/L               | 5                  | **         | 0.032        | 0.025        | 0.071        | 0.689        |
| 37                         | Litio Total                     | mg/L               | 2.5                | **         | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | 0.529        | 0.031        |
| 38                         | Magnesio Total                  | mg/L               | **                 | **         | 3.114        | 2.572        | 26.18        | 7.834        |
| 39                         | Manganeso Total                 | mg/L               | 0.2                | **         | 0.044        | 0.071        | 0.681        | 1.100        |
| 40                         | Molibdeno Total                 | mg/L               | **                 | **         | 0.003        | ND(<0.002)   | 0.159        | 0.016        |
| 41                         | Mercurio Total                  | mg/L               | 0.001              | 0.0001     | ND(<0.0001)  | ND(<0.0001)  | ND(<0.0001)  | ND(<0.0001)  |
| 42                         | Níquel Total                    | mg/L               | 0.2                | 0.052      | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   |
| 43                         | Plata Total                     | mg/L               | **                 | **         | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   | ND(<0.002)   |
| 44                         | Plomo Total                     | mg/L               | 0.05               | 0.0025     | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | 0.020        |
| 45                         | Potasio Total                   | mg/L               | **                 | **         | 0.79         | 0.59         | 13.41        | 2.20         |
| 46                         | Selenio Total                   | mg/L               | 0.02               | 0.005      | ND(<0.0004)  | ND(<0.0004)  | 0.0005       | ND(<0.0004)  |
| 47                         | Sodio Total                     | mg/L               | **                 | **         | 2.95         | 2.46         | 64.78        | 13.74        |
| 48                         | Talio Total                     | mg/L               | **                 | 0.0008     | ND(<0.00015) | ND(<0.00015) | 0.00065      | ND(<0.00015) |
| 49                         | Titanio Total                   | mg/L               | **                 | **         | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | 0.002        |
| 50                         | Vanadio Total                   | mg/L               | **                 | **         | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   | ND(<0.001)   |
| 51                         | Zinc Total                      | mg/L               | 2                  | 0.12       | 0.030        | 0.004        | 0.025        | 0.273        |
| Parámetros Microbiológicos |                                 |                    |                    |            |              |              |              |              |
| 52                         | Num. Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100ml         | 1000               | 1000       | ND(<1.8)     | ND(<1.8)     | 4.5          | 330          |
| 53                         | Num. Escherichia Coli           | NMP/ 100 ml        | 100                | **         | N.R.         | N.R.         | N.R.         | 330          |

Fuente: Resultados de ensayo del Laboratorio NSF ENVIROLAB y fichas de registro de datos en campo.

Parámetros que exceden el ECA-Agua

Fuente: Resultados de ensayo del Laboratorio NSF ENVIROLAB y fichas de registro de datos en campo.

Parámetros que exceden el ECA-Agua

Ilustración 30: Monitoreo 2016  
Fuente: AAA MANTARO



## Anexo 9



PERÚ

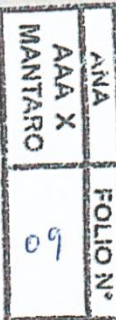
Ministerio de Agricultura y  
RiegoAutoridad Nacional del  
AguaAutoridad Administrativa del  
Agua X Mantaro

Cuadro N° 04. Resultados de Monitoreo en la Cuenca del Mantaro (ALA Pasco)

| PUNTO DE MUESTREO                    |                       | Lhuar1     | Lhuar2     | LHu1       | RSJos1     | RAnt1      | RMant1     | RAgua1     | RAgua2     |
|--------------------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| FECHA DE MUESTREO                    |                       | 18/09/2017 | 18/09/2017 | 18/09/2017 | 18/09/2017 | 18/09/2017 | 20/09/2017 | 20/09/2017 | 20/09/2017 |
| HORA DE MUESTREO                     |                       | 12:30:00   | 11:30:00   | 13:10:00   | 14:00:00   | 15:40:00   | 17:30:00   | 14:40:00   | 15:30:00   |
| ECA AGUA                             |                       | CAT 1-A2   | CAT 3      | CAT 4      |            |            |            |            |            |
| FÍSICO QUÍMICOS                      | UNIDADES              |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Aceites y Grasas                     | mg/L                  | 1.7        | 5          | 5          | < 1,0      | < 1,0      | < 1,0      | < 1,0      | < 1,0      |
| Cianuro WAD                          | mg CN <sup>-</sup> /L | *          | 0.1        | *          | < 0.001    | < 0.001    | 0.049      | < 0.001    | < 0.001    |
| Clorofila A                          | mg/L                  | *          | *          | 0.008      | < 0.020    | < 0.020    | < 0.020    | -          | -          |
| Cloruros                             | mg/L                  | 250        | 500        | *          | -          | -          | 21.65      | 64.49      | 4.946      |
| Conductividad                        | µS/cm                 | 1600       | 2500       | 1000       | 264.3      | 163.4      | 1819       | 2142       | 1625       |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg/L                  | 5          | 15         | 5          | 3          | < 2        | 2          | < 2        | 3          |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)     | mg O2/L               | 20         | 40         | *          | -          | -          | < 2        | 6          | 16         |
| Detergentes (SAAM)                   | mg/L                  | *          | 0.2        | *          | -          | -          | < 0.01     | 0.08       | < 0.01     |
| Fenoles                              | mg/L                  | *          | 0.002      | 2.56       | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    | < 0.001    |
| Fluoruros                            | mg/L                  | 0          | 1          | *          | -          | -          | 0.540      | 0.976      | 0.059      |
| Fósforo Total                        | mg P/L                | 0.15       | *          | 0.035      | 0.017      | 0.028      | 0.018      | -          | -          |
| Nitratos (NO3)                       | mg NO3-/L             | 50         | *          | 13         | -          | < 0.009    | 1.487      | < 0.009    | 4.099      |
| N-Nitrato                            | mg NO3-N/L            | *          | *          | *          | 0.007      | < 0.002    | 0.336      | < 0.002    | 0.926      |
| Nitratos (NO2)                       | mg NO2-/L             | 3          | *          | *          | -          | -          | < 0.015    | 0.193      | 0.028      |
| N-Nitrato                            | mg NO2-N/L            | 3          | 10         | *          | -          | -          | < 0.004    | 0.059      | 0.008      |
| N-Nitrato + N-Nitrato                | mg/L                  | *          | 100        | *          | -          | -          | < 0.006    | 0.995      | 0.023      |
| Nitrógeno Total                      | mg N/L                | *          | *          | 0.315      | 0.407      | 0.446      | 1.06       | -          | -          |
| Oxígeno Disuelto                     | mg/L                  | ≥ 4        | ≥ 4        | ≥ 5        | 7.41       | 6.2        | 4.04       | 6.25       | 6.6        |
| Potencial de Hidrógeno (pH)          | Unidad de pH          | 5.5 - 9.0  | 6.5 - 8.5  | 6.5 - 9.0  | 8.92       | 8.36       | 7.94       | 8.38       | 8.62       |
| Sólidos Totales en suspensión        | mg/L                  | *          | *          | ≤ 25       | < 2        | < 2        | < 2        | -          | -          |
| Sulfatos                             | mg SO4-2/L            | 500        | 1000       | *          | -          | -          | 1364       | 744.3      | 46.70      |
| Sulfuros                             | mg/L                  | *          | *          | 0.002      | < 0.0004   | < 0.0004   | < 0.0004   | -          | -          |
| Temperatura                          | °C                    | Δ3         | Δ3         | Δ3         | 13.09      | 9.091      | 18.4       | 14.3       | 15.86      |
| INORGÁNICOS                          |                       |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Aluminio Total                       | mg/L                  | 5          | 5          | *          | 0.039      | 0.024      | 0.047      | 0.062      | 0.067      |
| Antimonio Total                      | mg/L                  | 0.02       | *          | 0.04       | 0.00078    | 0.00071    | 0.05051    | 0.00076    | 0.03475    |
| Arsenico Total                       | mg/L                  | 0.01       | 0.1        | 0.15       | 0.00064    | 0.00059    | 0.03617    | 0.02507    | 0.02827    |
| Bario Total                          | mg/L                  | 1          | 0.7        | 0.7        | 0.0253     | 0.0230     | 0.0459     | 0.0232     | 0.0308     |
| Berilio Total                        | mg/L                  | 0.04       | 0.1        | *          | < 0.00002  | < 0.00002  | < 0.00002  | < 0.00002  | < 0.00002  |
| Boro Total                           | mg/L                  | 2.4        | 1          | *          | 0.015      | 0.018      | 1.695      | 0.338      | 1.062      |
| Cadmio Total                         | mg/L                  | 0.005      | 0.01       | *          | < 0.00001  | < 0.00001  | < 0.00001  | < 0.00001  | < 0.00001  |
| Calcio Total                         | mg/L                  | *          | *          | *          | 33.36      | 27.88      | 338.3      | 483.5      | 280.9      |
| Cobalto Total                        | mg/L                  | *          | 0.05       | *          | < 0.00001  | < 0.00001  | < 0.00001  | 0.00082    | 0.00580    |
| Cobre Total                          | mg/L                  | 2          | 0.2        | 0.1        | 0.00098    | 0.00117    | 0.00152    | 0.00672    | 0.02396    |
| Cromo Total                          | mg/L                  | 0.05       | 0.1        | *          | < 0.0001   | < 0.0001   | < 0.0001   | < 0.0001   | 0.1123     |
| Estao Total                          | mg/L                  | *          | *          | *          | < 0.00003  | < 0.00003  | < 0.00003  | < 0.00003  | < 0.00003  |
| Estroncio Total                      | mg/L                  | *          | *          | *          | 0.2340     | 0.2249     | 4.678      | 8.719      | 2.919      |
| Hierro Total                         | mg/L                  | 1          | 5          | *          | 0.0661     | 0.0715     | 0.0478     | 1.019      | 0.4137     |
| Litio Total                          | mg/L                  | *          | 2.5        | *          | 0.0026     | 0.0031     | 0.6785     | 0.0655     | 0.3290     |
| Magnesio Total                       | mg/L                  | *          | *          | *          | 3.103      | 2.928      | 29.76      | 28.14      | 27.18      |
| Manganeso Total                      | mg/L                  | 0.4        | 0.2        | *          | 0.12246    | 0.14765    | 0.5834     | 1.126      | 5.160      |
| Mercurio Total                       | mg/L                  | 0.002      | 0.001      | 0.0001     | < 0.00003  | < 0.00003  | < 0.00003  | < 0.00003  | < 0.00003  |
| Molibdeno Total                      | mg/L                  | *          | *          | *          | 0.00126    | 0.00097    | 0.35485    | 0.02016    | 0.13980    |
| Niquel Total                         | mg/L                  | *          | 0.2        | 0.052      | 0.0009     | 0.0013     | 0.0018     | 0.0015     | 0.0128     |
| Plata Total                          | mg/L                  | *          | *          | *          | < 0.000003 | < 0.000003 | < 0.000003 | < 0.000003 | < 0.000003 |
| Plomo Total                          | mg/L                  | 0.05       | 0.05       | 0.0025     | 0.0027     | 0.0016     | 0.0035     | 0.0075     | 0.0087     |
| Potasio Total                        | mg/L                  | *          | *          | *          | 1.00       | 0.89       | 15.82      | 2.78       | 12.19      |
| Selenio Total                        | mg/L                  | 0.04       | 0.02       | 0.005      | < 0.0004   | < 0.0004   | < 0.0004   | < 0.0004   | < 0.0004   |
| Sodio Total                          | mg/L                  | *          | *          | *          | 3.218      | 2.852      | 71.86      | 34.81      | 48.32      |
| Taño Total                           | mg/L                  | *          | *          | 0.0008     | < 0.00002  | < 0.00002  | 0.00098    | < 0.00002  | 0.00164    |
| Titanio Total                        | mg/L                  | *          | *          | *          | 0.0013     | 0.0013     | < 0.0002   | 0.0016     | 0.0021     |
| Vanadio Total                        | mg/L                  | *          | *          | *          | < 0.0001   | < 0.0001   | 0.0019     | < 0.0001   | < 0.0001   |
| Zinc Total                           | mg/L                  | 5          | 2          | 0.12       | < 0.0100   | < 0.0100   | 0.0204     | 0.1834     | 0.6251     |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS    |                       |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Num. Coliformes Termotolerantes      | NMP/100 mL            | 2000       | 1000       | 1000       | 4,0        | < 1,8      | 1,1E+2     | 7,9E+2     | 1,1E+2     |
| Num. Escherichia coli                | NMP/100mL             | *          | 1000       | *          | -          | -          | -          | 4,9E+2     | 1,1E+2     |
| Huevos y Larvas de Helminths         | Huevos/L              | *          | 1          | *          | -          | -          | -          | < 1        | < 1        |

Fuente: Resultados de ensayo del Laboratorio ALS – CORPLAB PERU S.A.C. y fichas de registro de datos en campo.  
Parámetros que exceden el ECA-Agua.

Ilustración 31: Monitoreo 2017  
Fuente: AAA MANTARO





## Anexo 10

|                                                                                     |  |      |                                      |                                |                                                |                           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--|--|--|
|    |  | PERÚ | Ministerio de<br>Agricultura y Riego | Autoridad Nacional del<br>Agua | Autoridad Administrativa<br>del Agua X Mantaro | ANEXO 10<br>AAA X MANTARO |            | 24         |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| Cuadro N° 05. Resultados de Monitoreo en la Cuenca del Mantaro (ALA Pasco-Mantaro). |  |      |                                      |                                |                                                |                           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| MONITOREO CUENTA MANTARO                                                            |  |      |                                      | Pasco                          |                                                |                           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Mantaro    |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| PUNTO DE MUESTREO                                                                   |  |      |                                      | Uhuar1                         | Uhuar2                                         | Uhuar3                    | ES01       | ES02       | ES03       | ES04       | ES05       | ES06       | ES07       | ES08       | ES09       | ES10       | ES11       | ES12       | ES13       | ES14       | ES15       | ES16       | ES17       | ES18       | ES19       | ES20       |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| FECHA DE MUESTREO                                                                   |  |      |                                      | 17/04/2018                     | 17/04/2018                                     | 17/04/2018                | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 | 17/04/2018 |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| HORA DE MUESTREO                                                                    |  |      |                                      | 13:00:00                       | 13:00:00                                       | 13:00:00                  | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   | 13:00:00   |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| FISICO QUIMICOS                                                                     |  |      |                                      | UNIDADES                       |                                                |                           |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |          |  |  |  |
| Temperatura                                                                         |  |      |                                      | °C                             | 6.3                                            | 6.3                       | 6.3        | 10.02      | 17.22      | 18.9       | 18.2       | 15.0       | 15.06      | 13.20      | 12.80      | 13.15      | 14.17      | 10.50      | 10.60      | 11         | 11.4       | 11.8       | 11         | 11.8       | 11         | 11.8       | 10.5      | 13        | 12.1      | 11        | 11        |          |  |  |  |
| Potencial de Hidrogeno (pH)                                                         |  |      |                                      | Unidad de pH                   | 5.5 - 8.5                                      | 5.5 - 8.5                 | 5.5 - 8.5  | 8.55       | 8.55       | 8.57       | 8.103      | 8.329      | 8.605      | 8.80       | 8.59       | 8.77       | 8.05       | 8.63       | 8.37       | 8.51       | 7.78       | 8.3        | 8.4        | 8.5        | 8.6        | 8.7        | 8.8       | 8.7       | 8.4       | 8.3       | 8.4       |          |  |  |  |
| Oxígeno Disuelto                                                                    |  |      |                                      | mg/L                           | 2.5                                            | 2.5                       | 2.5        | 6.596      | 6.567      | 6.371      | 5.84       | 5.43       | 6.47       | 6.58       | 5.84       | 6.38       | 6.75       | 6.63       | 6.83       | 7.31       | 7.18       | 7.21       | 7.31       | 7.64       | 6.9        | 7.42       | 7.39      | 7.41      | 7.12      | 7.19      | 7.23      |          |  |  |  |
| Conductividad                                                                       |  |      |                                      | µS/cm                          | 1800                                           | 2500                      | 1000       | 165.1      | 255.8      | 1746       | 270        | 330.9      | 510.70     | 652.30     | 577.00     | 297.20     | 338.30     | 338.00     | 356.60     | 419.5      | 354        | 355        | 372        | 367        | 1118       | 699        | 1106      | 1470      | 1382      | 1807      | 1109      |          |  |  |  |
| Aceites y Grasas                                                                    |  |      |                                      | mg/L                           | 1.7                                            | 6                         | 5          | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1        | <1        | <1        | <1        | <1        |          |  |  |  |
| Bicarbonato/Alcalinidad Total                                                       |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | 51.8                      | -          | -          | -          | -          | 82.9       | 103.9      | 145.3      | 181.4      | 208.5      | 115        | 140.2      | 152.9      | 96.5       | 166        | 146        | 145.3      | 149.2      | 131        | <1         | <1         | <1        | <1        | <1        | <1        | <1        |          |  |  |  |
| Cloruro WRO                                                                         |  |      |                                      | mg CN/L                        | -                                              | 0.1                       | -          | -          | -          | -          | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    |          |  |  |  |
| Clorofila A                                                                         |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | -          | 0.0041     | <0.0041    | <0.0041    | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    |          |  |  |  |
| Demanda Bioquímica de                                                               |  |      |                                      | mg/L                           | 5                                              | 15                        | 5          | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | 2          | <2         | 2          | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2        | <2        | <2        | <2        | <2        |          |  |  |  |
| Demanda Química de Oxígeno                                                          |  |      |                                      | mg/L                           | 20                                             | 40                        | -          | -          | -          | -          | 8          | <2         | 19         | <2         | 8          | 8          | 21         | <2         | <2         | 8          | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2         | <2        | <2        | <2        | <2        | <2        | <2       |  |  |  |
| Detergentes (SAAM)                                                                  |  |      |                                      | mg/L                           | 0.2                                            | -                         | -          | -          | -          | -          | 0.01       | 0.29       | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01      | <0.01     | <0.01     | <0.01     | <0.01     | <0.01     |          |  |  |  |
| Fenoles                                                                             |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | 0.002                     | 2.56       | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    |          |  |  |  |
| Fosforo Total                                                                       |  |      |                                      | mg P/L                         | 0.15                                           | -                         | 0.033      | <0.01      | <0.01      | 0.041      | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001     | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    | <0.001    |          |  |  |  |
| Nitrogeno Total                                                                     |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | 0.315      | 0.446      | 0.419      | 1.52       | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -         | -         | -         | -         | -         |          |  |  |  |
| Cloruros                                                                            |  |      |                                      | mg/L                           | 250                                            | 500                       | -          | -          | -          | -          | 5.634      | 17.17      | 4.042      | 0.495      | 1.746      | 4.599      | 5.039      | 1.983      | 2.369      | 16.75      | 5.72       | 5.496      | 5.436      | -          | -          | -          | -         | -         | -         | -         | -         |          |  |  |  |
| N-Nitrato                                                                           |  |      |                                      | mg NO3-N/L                     | 50                                             | 10                        | 13         | 0.038      | 0.002      | 0.473      | 0.119      | 0.659      | 0.079      | 0.235      | 0.155      | 0.047      | 0.116      | 0.126      | 0.027      | 0.545      | 0.111      | 0.106      | 0.126      | 0.032      | 0.542      | 0.105      | 0.408     | 0.431     | 0.473     | 0.419     | 0.248     |          |  |  |  |
| N-Nitrito                                                                           |  |      |                                      | mg NO2-N/L                     | 3                                              | 10                        | -          | -          | -          | -          | 0.004      | 0.062      | 0.018      | 0.004      | 0.051      | <0.004     | 0.025      | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004     | <0.004    | <0.004    | <0.004    | <0.004    | <0.004    |          |  |  |  |
| Sulfatos SO4-2                                                                      |  |      |                                      | mg/L                           | 500                                            | 1000                      | -          | -          | -          | -          | 305.6      | 413.1      | 47.64      | 238.9      | 152.1      | 66.45      | 60.36      | 45.17      | 107.1      | 70.63      | 86.1       | 84.24      | 87.77      | -          | 575.8      | 302.3      | 593.3     | 821.4     | 816       | 1143      | 873.1     |          |  |  |  |
| Nitritos (NI + Nitros (NI)*)                                                        |  |      |                                      | mg/L                           | 190                                            | -                         | -          | -          | -          | -          | 0.119      | 0.721      | 0.097      | 0.235      | 0.206      | 0.047      | 0.141      | 0.126      | 0.045      | 0.111      | 0.126      | 0.126      | -          | -          | 0.542      | 0.105      | 0.408     | 0.431     | 0.473     | 0.419     | 0.248     |          |  |  |  |
| Amonio total NH3                                                                    |  |      |                                      | mg/L                           | 1.5                                            | -                         | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -         | -         | -         | -         | -         |          |  |  |  |
| Sólidos Totales en suspensión                                                       |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | 6.25       | <2         | <2         | <2         | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | <2         | -          | -         | -         | -         | -         | -         |          |  |  |  |
| Sulfuros                                                                            |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | 0.002      | <0.004     | <0.004     | <0.004     | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | <0.004     | -         | -         | -         | -         | -         | -        |  |  |  |
| INORGANICOS                                                                         |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -         | -         | -         | -         | -         |          |  |  |  |
| Fosfor                                                                              |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | -          | 0.000041   | <0.000003  | 0.00002    | <0.000003  | <0.000003  | 0.000114   | <0.000003  | <0.000003  | 0.000012   | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003 | <0.000003 | <0.000003 | <0.000003 | <0.000003 | 0.000034 |  |  |  |
| Aluminio                                                                            |  |      |                                      | mg/L                           | 8                                              | 5                         | -          | 0.022      | <0.002     | 0.031      | 0.132      | 0.112      | 0.344      | 0.508      | <0.002     | 0.411      | 0.432      | <0.002     | 1.171      | 0.002      | 0.087      | 0.052      | 0.072      | 0.023      | 0.911      | 0.054      | 0.196     | 0.211     | 0.15      | 0.14      | 0.655     |          |  |  |  |
| Arsénico                                                                            |  |      |                                      | mg/L                           | 0.01                                           | 0.1                       | 0.15       | 0.00005    | 0.000006   | 0.00004    | 0.01895    | 0.02213    | 0.00719    | 0.00539    | 0.00536    | 0.02239    | 0.01301    | 0.04874    | 0.02413    | 0.00321    | 0.00819    | 0.012      | 0.01419    | 0.00902    | 0.00008    | 0.00732    | 0.00831   | 0.00732   | 0.00596   | 0.02042   | 0.07855   |          |  |  |  |
| Boro                                                                                |  |      |                                      | mg/L                           | 2.4                                            | 1                         | -          | 0.011      | 0.003      | 1.905      | 0.131      | 0.257      | 0.021      | 0.064      | 0.04       | 0.148      | 0.05       | 0.081      | 0.067      | 0.201      | 0.133      | 0.11       | 0.108      | 0.019      | 0.004      | 0.028      | 0.027     | 0.132     | 0.124     | 0.126     | 0.0705    |          |  |  |  |
| Bario                                                                               |  |      |                                      | mg/L                           | 1                                              | 0.7                       | 0.7        | 0.043      | 0.0284     | 0.0458     | 0.043      | 0.0379     | 0.0453     | 0.07       | 0.017      | 0.0467     | 0.0482     | 0.0603     | 0.0457     | 0.0403     | 0.0409     | 0.0437     | 0.041      | 0.0462     | 0.0473     | 0.0447     | 0.046     | 0.0464    | 0.0486    | 0.0294    | 0.5093    |          |  |  |  |
| Calcio                                                                              |  |      |                                      | mg/L                           | 0.04                                           | 0.1                       | -          | <0.00002   | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002  | <0.000002 | <0.000002 | <0.000002 | <0.000002 | <0.000002 | 0.000149 |  |  |  |
| Cadmio                                                                              |  |      |                                      | mg/L                           | 0.005                                          | 0.01                      | -          | 0.00001    | <0.000001  | <0.000001  | 130.8      | 162.6      | 51.80      | 132.20     | 101.80     | 47.09      | 54.11      | 59.81      | 56.95      | 51.9       | 54.34      | 55.15      | 56.42      | 54.55      | 86.03      | 218        | 208.7     | 275.5     | 245       | 304.1     | 326.3     |          |  |  |  |
| Cobalto                                                                             |  |      |                                      | mg/L                           | 0.005                                          | 0.01                      | -          | <0.00001   | <0.000001  | <0.000001  | 0.000072   | 0.000095   | <0.000001  | 0.00003    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002    | 0.00002   | 0.00002   | 0.00002   | 0.00002   | 0.00002   | 0.00002  |  |  |  |
| Cromo                                                                               |  |      |                                      | mg/L                           | 0.05                                           | 0.1                       | -          | <0.00001   | <0.000001  | <0.000001  | 0.00003    | 0.000036   | <0.000001  | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001    | 0.00001   | 0.00001   | 0.00001   | 0.00001   | 0.00001   | 0.00001  |  |  |  |
| Cobre                                                                               |  |      |                                      | mg/L                           | 2                                              | 0.2                       | 0.1        | 0.0006     | 0.00037    | 0.00062    | 0.0126     | 0.09729    | 0.01987    | 0.02663    | 0.00739    | 0.03076    | 0.00003    | 0.0126     | 0.03094    | 0.01001    | 0.00996    | 0.0098     | 0.0098     | 0.0098     | 0.0098     | 0.0098     | 0.0098    | 0.0098    | 0.0098    | 0.0098    | 0.0098    | 0.0098   |  |  |  |
| Hierro                                                                              |  |      |                                      | mg/L                           | 1                                              | 5                         | -          | 0.0027     | 0.0166     | 0.0329     | 0.9789     | 0.6901     | 0.6906     | 3.453      | 0.453      | 3.452      | 7.125      | 1.187      | 0.026      | 1.834      | 0.004      | 0.1532     | 0.1486     | 0.1639     | 0.0029     | 6.577      | 0.1106    | 1.183     | 0.9222    | 0.6497    | 0.7502    | 0.4411   |  |  |  |
| Mercurio                                                                            |  |      |                                      | mg/L                           | 0.002                                          | 0.001                     | 0.00001    | <0.00003   | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003  | <0.000003 | <0.000003 | <0.000003 | <0.000003 | <0.000003 | 0.000076 |  |  |  |
| Potasio                                                                             |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | -          | 0.57       | 0.61       | 13.29      | 1.4        | 5.81       | 1.42       | 1.58       | 1.91       | 1.59       | 1.52       | 1.81       | 1.57       | 1.53       | 1.56       | 1.63       | 1.51       | 0.86       | 1.84       | 0.81       | 7.06      | 9.51      | 6.57      | 5         | 6.82      |          |  |  |  |
| Litio                                                                               |  |      |                                      | mg/L                           | 2.5                                            | -                         | -          | 0.5012     | 0.0001     | 0.7375     | 0.0253     | 0.0607     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095     | 0.0095    | 0.0095    | 0.0095    | 0.0095    | 0.0095    | 0.0095   |  |  |  |
| Magnesio                                                                            |  |      |                                      | mg/L                           | 250                                            | -                         | -          | 3.162      | 2.71       | 26.27      | 9.165      | 14.95      | 8.264      | 23.48      | 17.71      | 7.718      | 9.33       | 7.312      | 8.305      | 10.5       | 8.723      | 8.806      | 9.296      | 11.05      | 41.77      | 23.32      | 30.45     | 39.78     | 36.83     | 36.84     | 60.91     |          |  |  |  |
| Manganeso                                                                           |  |      |                                      | mg/L                           | 0.4                                            | 0.2                       | -          | 0.0027     | 0.012513   | 0.6726     | 0.033      | 3.126      | 0.1512     | 0.4536     | 0.2119     | 0.0709     | 0.2942     | 0.01159    | 0.00078    | 0.00036    | 0.00029    | 0.00029    | 0.00029    | 0.00029    | 0.00029    | 0.00029    | 0.00029   | 0.00029   | 0.00029   | 0.00029   | 0.00029   | 0.00029  |  |  |  |
| Molibdeno                                                                           |  |      |                                      | mg/L                           | -                                              | -                         | -          | 0.0001     | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   | 0.000001   |            |            |            |            |            |            |            |            |           |           |           |           |           |          |  |  |  |

Ilustración 32: Monitoreo 2018  
Fuente: AAA MANTARO



## Anexo 11

**PERÚ** Ministerio de Agricultura y Riego

**ANA** Autoridad Nacional del Agua

**AAA X MANTARO**

En el Cuadro N° 17 se observa que en los puntos de monitoreo RSJua1 y RSJua2, el parámetro pH, no cumple con lo establecido en el ECA Agua para la Categoría 3-D1; mientras que en el punto de monitoreo RSJua3, los parámetros mercurio, manganeso, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* no cumplen con lo establecido en el ECA Agua para la Categoría 3-D1. Asimismo, en los puntos RSJua5, el parámetro manganeso y en el punto RSJua10, los parámetros: manganeso, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, no cumplen con lo establecido en el ECA Agua para la Categoría 3-D1. Finalmente, en el punto RSJua11, los parámetros: pH y manganeso no cumplen con los ECA Agua para la Categoría 3-D1.

Cuadro N° 17. Resultados de Monitoreo - Parte Alta de la Cuenca del Mantaro 2019, CAT-3-D1

| N°                            |                         | D.S.N°004-2017-MINAM | 101709/2019-1.0     | 101710/2019-1.0 | 103075/2019-1.0 | 105923/2019-1.0 | 103074/2019-1.0 | 103078/2019-1.0 |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Fecha de Muestreo             |                         | Categoría 3-D1       | 25/02/2019          | 25/02/2019      | 26/02/2019      | 27/02/2019      | 26/02/2019      | 26/02/2019      |
| Hora de Muestreo              |                         |                      | 12:15:00            | 12:45:00        | 12:20:00        | 12:40:00        | 11:40:00        | 13:30:00        |
| Tipo de Muestra               |                         | Riego de vegetales   | Aguas Superficiales |                 |                 |                 |                 |                 |
| Identificación                |                         |                      | RSJua1              | RSJua2          | RSJua3          | RSJua5          | RSJua10         | RSJua11         |
| Parámetro                     | Unidad                  |                      |                     |                 |                 |                 |                 |                 |
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>         |                         |                      |                     |                 |                 |                 |                 |                 |
| Potencial de Hidrógeno (pH)   | Und                     | 6.5 - 8.5            | 6.7                 | 8.89            | 8.383           | 8.508           | 8.43            | 8.836           |
| Temperatura                   | °C                      | Δ 3                  | 3.4                 | 5.6             | 5.7             | 7.0             | 4.9             | 3.8             |
| Oxígeno Disuelto              | mg/L                    | ≥ 4                  | 5.9                 | 5.63            | 5.672           | 4.509           | 5.024           | 4.823           |
| Conductividad                 | μS/cm                   | 2500                 | 221.5               | 220.2           | 653.1           | 361.4           | 799.7           | 381.4           |
| Aceites y Grasas              | mg/L                    | 5                    | < 1.0               | < 1.0           | < 1.0           | < 1.0           | < 1.0           | < 1.0           |
| Bicarbonato                   | mg/L                    | 518                  | 137                 | 141.4           | 148.8           | 152.3           | 140.3           | 158.7           |
| Cianuro Wad                   | mg/L                    | 0.1                  | < 0.001             | < 0.001         | < 0.001         | < 0.001         | < 0.001         | < 0.001         |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L                    | 15                   | < 2                 | < 2             | 2               | < 2             | < 2             | < 2             |
| Demanda Química de Oxígeno    | mg/L                    | 40                   | 32                  | 26              | 18              | 16              | 22              | < 2             |
| Detergentes (SAAM)            | mg/L                    | 0.2                  | < 0.01              | < 0.01          | < 0.01          | < 0.01          | 0.04            | < 0.01          |
| Fenoles                       | mg/L                    | 0.002                | < 0.001             | < 0.001         | < 0.001         | < 0.001         | < 0.001         | < 0.001         |
| Cloruros Cl-                  | mg/L                    | 500                  | 0.141               | 0.2             | 2.398           | 0.798           | 3.359           | 0.905           |
| Nitritos. NO <sub>2</sub> -   | mg/L                    | 10                   | < 0.015             | < 0.015         | 0.099           | < 0.015         | 0.119           | 0.099           |
| Nitritos (como N)             | mg NO <sub>2</sub> -N/L | **                   | < 0.004             | < 0.004         | 0.03            | < 0.004         | 0.036           | 0.012           |
| Sulfatos                      | mg/L                    | 1000                 | 6.205               | 2.556           | 249.1           | 79.01           | 343             | 91.41           |
| Nitratos (como N) + Nitritos  | mg/L                    | 100                  | < 0.006             | 0.009           | 1.655           | 0.182           | 1.538           | 0.644           |
| <b>INORGÁNICOS</b>            |                         |                      |                     |                 |                 |                 |                 |                 |
| Aluminio (Al)                 | mg/L                    | 5                    | 0.11                | 0.139           | 2.292           | 0.384           | 0.357           | 2.224           |
| Arsénico (As)                 | mg/L                    | 0.1                  | 0.00287             | 0.00421         | 0.02287         | 0.01469         | 0.02212         | 0.01499         |
| Boro (B)                      | mg/L                    | 1                    | < 0.002             | < 0.002         | < 0.002         | < 0.002         | < 0.002         | < 0.002         |
| Bario (Ba)                    | mg/L                    | 0.7                  | 0.0183              | 0.0205          | 0.0419          | 0.0346          | 0.0275          | 0.0404          |
| Berilio (Be)                  | mg/L                    | 0.1                  | < 0.00002           | < 0.00002       | < 0.00002       | < 0.00002       | < 0.00002       | < 0.00002       |
| Cadmio (Cd)                   | mg/L                    | 0.01                 | < 0.00001           | < 0.00001       | 0.00443         | 0.00357         | 0.00576         | 0.00154         |
| Cobalto (Co)                  | mg/L                    | 0.05                 | < 0.00001           | < 0.00001       | 0.00216         | 0.00081         | 0.00207         | 0.00123         |
| Cromo (Cr)                    | mg/L                    | 0.1                  | < 0.0001            | < 0.0001        | 0.0016          | 0.0005          | < 0.0001        | 0.0015          |
| Cobre (Cu)                    | mg/L                    | 0.2                  | 0.00068             | 0.00163         | 0.11094         | 0.04014         | 0.1442          | 0.04446         |
| Hierro (Fe)                   | mg/L                    | 5                    | 0.2373              | 0.2994          | 4.789           | 4.993           | 4.189           | 2.876           |
| Mercurio (Hg)                 | mg/L                    | 0.001                | < 0.00003           | < 0.00003       | 0.00101         | < 0.00003       | 0.00076         | 0.00092         |
| Litio (Li)                    | mg/L                    | 2.5                  | < 0.0001            | < 0.0001        | 0.0118          | 0.0051          | 0.0143          | 0.0057          |
| Magnesio (Mg)                 | mg/L                    | -                    | 3.675               | 3.931           | 24.2            | 9.562           | 34.29           | 9.852           |
| Manganeso (Mn)                | mg/L                    | 0.2                  | 0.02937             | 0.02666         | 4.605           | 1.793           | 6.619           | 1.644           |
| Niquel (Ni)                   | mg/L                    | 0.2                  | < 0.0002            | < 0.0002        | 0.0036          | 0.0018          | 0.0033          | 0.0025          |
| Plomo (Pb)                    | mg/L                    | 0.05                 | 0.0009              | 0.0043          | 0.0403          | 0.0262          | 0.0295          | 0.0284          |
| Selenio (Se)                  | mg/L                    | 0.02                 | < 0.0004            | < 0.0004        | < 0.0004        | < 0.0004        | < 0.0004        | < 0.0004        |
| Zinc (Zn)                     | mg/L                    | 2                    | < 0.0100            | < 0.0100        | 0.8468          | 0.6028          | 1.141           | 0.3489          |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>        |                         |                      |                     |                 |                 |                 |                 |                 |
| Coliformes Termotolerantes    | NMP/100                 | 2000                 | 140                 | 450             | 4900            | 700             | 33600           | 170             |
| <i>Escherichia coli</i>       | NMP/100mL               | 1000                 | 79                  | 330             | 1700            | 140             | 3500            | 140             |
| Huevos de Helminths           | Huevo/L                 | 1                    | < 1                 | < 1             | < 1             | < 1             | < 1             | < 1             |

Fuente: Informe de ensayo del Laboratorio ALS PERÚ S.A.C.

(—): No aplica para esta categoría.

(\*) El estándar de calidad de Amoniac total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C.

(Tabla N°1, DECRETO SUPLENTO N° 004-2017-MINAM).

Ilustración 33: Monitoreo 2019  
Fuente: AAA MANTARO



## Anexo 12



Ilustración 34: Puntos del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Mantaro  
Fuente: Elaboración propia



## Anexo 13



Ilustración 35: Puntos del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Mantaro  
Fuente: Elaboración propia



## Anexo 14

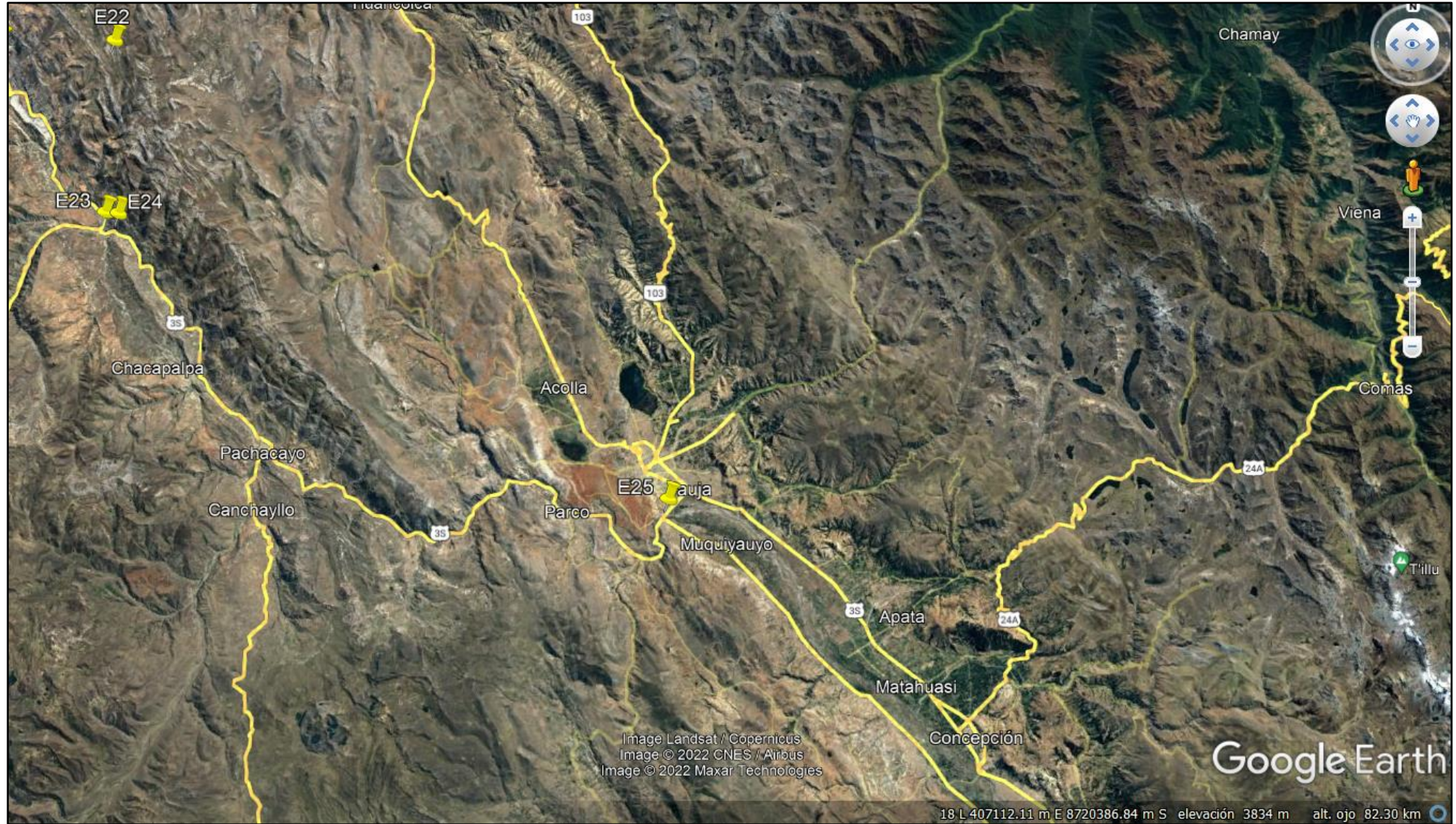


Ilustración 36: Puntos del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Mantaro  
Fuente: Elaboración propia



## Anexo 15

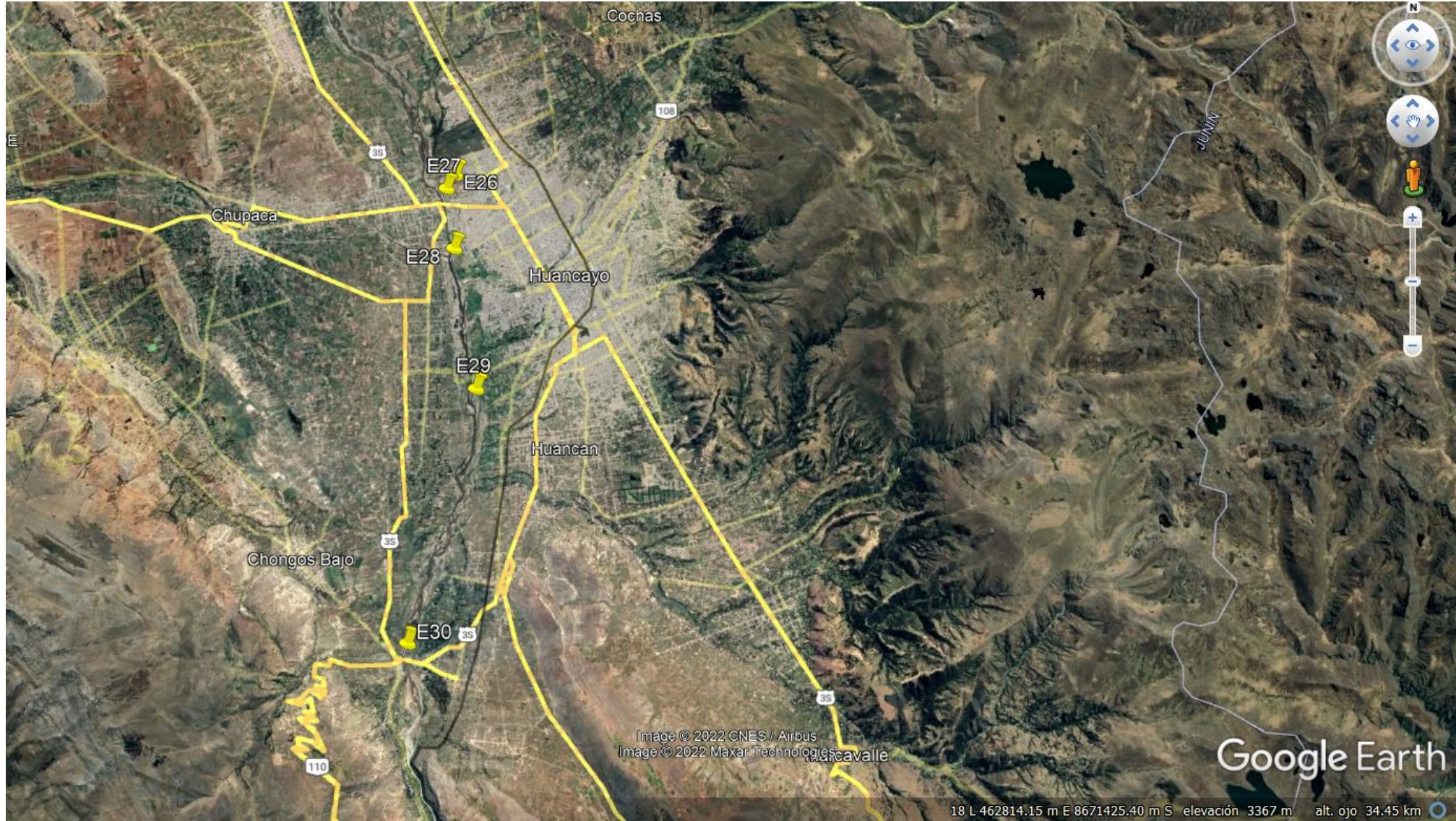


Ilustración 37: Puntos del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Mantaro  
Fuente: Elaboración propia



## Anexo 16



## IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RIO MANTARO

### RESUMEN EJECUTIVO

La cuenca del Río Mantaro nace en el sudo de Pasco a 4,300 msnm, recorre 725 Km, con una a través de las Regiones de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho, abarcando una extensión de 34,363.18 Km<sup>2</sup>. En ella se desarrollan importantes actividades económicas como la Minería, Metalúrgica, agricultura, ganadería, piscicultura y es una cuenca estratégica por que aquí se genera el 35% de Energía Hidroeléctrica del país. Alberga a población de 1'200,000 habitantes. Su recorrido termina en la confluencia con el Río Apurímac, para formar en Río Ene, a una altitud de 800 msnm, en la provincia de Satipo. Por cuestiones prácticas se ha subdividido en tres zonas, Alta, Media y Baja y se han priorizado los afluentes más importantes que determinan la calidad de sus aguas.

Dirección General de Calidad Ambiental

Ing. Yuri Munge Palomino

25/06/2009