



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS Y
CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN MEDIANTE EL ÍNDICE
DE CALIDAD AMBIENTAL (2016-2020)”**

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Gino Mauricio Galarreta Ochoa (0000-0001-7922-9550)

Hector Rodrigo Gallardo Melgar (0000-0003-4817-3237)

Asesor:

Wilfredo Celestino Baldeón Quispe (0000-0003-1937-534X)

Lima – Perú

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 27 de marzo del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto
Miembro: Mg. Catherine Mariela Coronado León
Miembro: Dr. Maiquel López Silva

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**“EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS Y CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN
MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (2016-2020)”**

Presentada por el bachiller:

- **Gino Mauricio Galarreta Ochoa**
- **Hector Rodrigo Gallardo Melgar**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Wilfredo Celestino Baldeón Quispe

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple (x) calificar a:

Tesista: Gino Mauricio Galarreta Ochoa & Hector Rodrigo Gallardo Melgar		Nota (en letras): 16 (DIECISÉIS)	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Mg. Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto
Presidente

Mg. Catherine Mariela Coronado León
Miembro 1

Dr. Maiquel López Silva
Miembro 2

Mg. Wilfredo Celestino Baldeón Quispe
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, **01 de abril del 2024**

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –**

De nuestra consideración,

Nosotros: **Gino Mauricio Galarreta Ochoa** y **Héctor Rodrigo Gallardo Melgar**, egresados bachilleres de la carrera de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor **Wilfredo Celestino Baldeón Quispe**, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: **"EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS Y CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (2016-2020)"**, sustentado para obtener el título/grado de **Ingeniero Ambiental** es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ², que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,


Firma tesista 1
DNI: 70799355


Firma del asesor de tesis
DNI: 09807432


Firma tesista 2
DNI: 71744466

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Evaluación espacio-temporal de metales pesados y calidad de agua del río San Juan mediante el Índice de Calidad Ambiental (2016-2020)

Autores. Gino Mauricio Galarreta Ochoa; Hector Rodrigo Gallardo Melgar

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2367314603).

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



DEDICATORIA

A nuestras familias, por la paciencia,
comprensión y amor.

AGRADECIMIENTO

Deseamos agradecer a todas las personas que contribuyeron para hacer posible esta investigación. Asimismo, a nuestros padres por todo su amor y paciencia. No se tienen las palabras suficientes para expresar nuestro agradecimiento por el apoyo brindado en todas las decisiones que hemos tomado a lo largo de nuestras vidas.

Por último, de agradecer a nuestro asesor que nos apoyó a lo largo del desarrollo de esta investigación con su vasta experiencia y consejos.

INDICE

Página de aprobación – Acta de sustentación	ii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases teóricas	6
a. Oxígeno disuelto	6
b. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	6
c. Demanda química del oxígeno (DQO)	6
d. Coliformes termotolerantes	7
e. pH: Grado de acidez o alcalinidad	7
f. Metales pesados	8
g. Calidad del agua	8
h. Calidad ambiental	9
III. OBJETIVOS/HIPÓTESIS	10
3.1. Objetivo general 1	10
3.1.1. Objetivo específico 1	10
3.1.2. Objetivo específico 2	10
3.1.3. Objetivo específico 3	10
3.2. Objetivo general 2	10
3.2.1. Objetivo específico 4	11
3.2.2. Objetivo específico 5	11
IV. METODOLOGÍA	12
4.1. Área de estudio	12
4.2. Puntos de muestreo	14
4.3. Evaluación de la calidad ambiental del agua	15
V. RESULTADOS	22
5.1. Análisis del Índice de Calidad del Agua del Río San Juan mediante ICARHS	22
5.2. Evolución temporal (2016-2020) de los valores ICARHS para cada punto	29
5.3. Análisis de parámetros de calidad de agua	30

5.4. Análisis espaciotemporal de metales pesados (Cu, Pb y Mn)	36
5.5. Correlación entre parámetros fisicoquímicos y metales pesados.....	49
VI. DISCUSIÓN.....	52
VII. CONCLUSIONES.....	56
VIII. RECOMENDACIONES	58
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
X. ANEXOS	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Punto de control de calidad de agua del río San Juan (Pasco)	13
Tabla 2 Parámetros para determinar el ICARHS (2020)	16
Tabla 3 Escala de valoración ICARHS (2020).....	18
Tabla 4 Tabulación de valores ICARHS de las estaciones de monitoreo entre los años 2016 a 2020.....	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Puntos de monitoreo en el río San Juan (Pasco).....	15
Figura 2	Representación gráfica del mapa temático	19
Figura 3	Determinación del ICARHS.....	20
Figura 4	Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2016)	22
Figura 5	Representación en barras de los valores ICARHS del río San Juan (2016).....	22
Figura 6	Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2017)	23
Figura 7	Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2017)	24
Figura 8	Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2018)	25
Figura 9	Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2018)	25
Figura 10	Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2019)	26
Figura 11	Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2019) ...	27
Figura 12	Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2020)	28
Figura 13	Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2020) ...	28
Figura 14	Concentración de Oxígeno disuelto (OD) para el período 2016-2020.....	30
Figura 15	Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5) para el período 2016-2020	31
Figura 16	Concentración de la Demanda Química del Oxígeno (DQO) para el período 2016-2020.....	31
Figura 17	Concentración de coliformes termo tolerantes 2016 – 2020	32
Figura 18	Concentración de pH 2016 – 2020 (Estiaje)	32
Figura 19	Concentración de Cadmio (Cd) en el E - 10. Año 2016 – 2020	33
Figura 20	Concentración de Cobre (Cu). Año 2016 – 2020	34
Figura 21	Concentración de Hierro (Fe). 2016 – 2020	34
Figura 22	Concentraciones más altas de manganeso. 2016 – 2020.....	35
Figura 23	Concentraciones de Plomo. 2016 - 2020.....	36
Figura 24	Variación de la concentración de Cobre en E-4, 2016 – 2020	37
Figura 25	Variación de la concentración de Plomo en E-4, 2016 – 2020.....	38
Figura 26	Variación de la concentración de Manganeso en E-4, 2016 – 2020	39
Figura 27	Variación de la concentración de Cobre en E-10, 2016 - 2020.....	40
Figura 28	Variación de la concentración de Plomo en E-10, 2016 - 2020	41
Figura 29	Variación de la concentración de Manganeso en E-10, 2016 - 2020.....	42
Figura 30	Variación de la concentración de Cobre en E-11, 2016 - 2020	43
Figura 31	Variación de la concentración de Plomo en E-11, 2016 - 2020.....	44
Figura 32	Variación de la concentración de Manganeso en E-11, 2016 – 2020.	45
Figura 33	Variación de concentración de Cobre en E-2, 2016 - 2020	46
Figura 34	Variación de la concentración de Plomo en E-2, 2016 - 2020.....	47
Figura 35	Variación de la concentración de Manganeso en E-2, 2016 - 2020	48
Figura 36	Correlación de datos interpolados en matriz de Pearson - Época de avenida.	49
Figura 37	Correlación de datos interpolados en matriz de Pearson - Época de estiaje ..	50
Figura 38	Correlación de datos totales en matriz de Pearson	51

RESUMEN

Un problema frecuente en el sector minero es la posible existencia de contaminantes en los cuerpos de agua, que puede ser de origen antropogénico. El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad de agua influenciada por la actividad minera a lo largo del río San Juan (región Pasco) en un tramo de 12.65 km y a una altitud de 4000-4200 msnm durante el período 2016-2020; además, comparar los valores con los estándares de calidad ambiental (ECA) de agua; y analizar la variación de la presencia de metales pesados y su correlación con parámetros fisicoquímicos.

Mediante el uso de la información de los parámetros de monitoreo, se logró determinar que la calidad de agua del río San Juan obtuvo distintas calificaciones en el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), sea en condición de “regular”, “malo” o “pésimo” a lo largo del tramo de estudio. Se determinó que el metal manganeso (Mn) excedió el ECA de agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) con mayor frecuencia en el área de estudio, respecto a la muestra los valores más altos de Mn en 210 de 232 datos en los que se supera el ECA de 0.2 mg/L.

La concentración de metales pesados del agua en cuatro puntos de monitoreo del río San Juan durante las épocas de estiaje y avenidas no muestran valores considerables, salvo en el caso de Mn, el cual ha tenido un comportamiento de correlación directamente proporcional con la conductividad en época de avenida, mientras que en tiempo de estiaje ha mantenido un comportamiento de correlación indirectamente proporcional con la temperatura del agua. Además, en la zona de estudio se tienen yacimientos mineros de Cu, Mn y Pb, por lo que, en época de

avenida, hace que se aumente las concentraciones de estos metales por la escorrentía del agua de las lluvias. En consecuencia, la calidad del agua del río San Juan se ve alterada por la influencia de las actividades antropogénicas desarrolladas aguas arriba y además por las formaciones geológicas de su entorno.

Palabras clave: ECA, ICARHS, metales pesados, calidad de agua.

ABSTRACT

A frequent problem in the mining sector is the possible existence of pollutants in water bodies, which may be of anthropogenic origin. The objective of this research was to determine the water quality influenced by mining activity along the San Juan River (Pasco region) in a stretch of 12.65 km and at an altitude of 4000-4200 meters above sea level during the period 2016-2020; in addition, compare the values with the environmental quality standards (ECA) of water; and to analyze the variation in the presence of heavy metals and its correlation with physicochemical parameters.

Through the use of information from the monitoring parameters, it was possible to determine that the water quality of the San Juan River obtained different ratings in the Environmental Quality Index of Surface Water Resources (ICARHS), either in "fair", "bad" or "terrible" condition along the study section. It was determined that the metal manganese (Mn) exceeded the water RCT most frequently in the study area, with respect to the sample of the highest Mn values in 210 of 232 data points in which the RCT of 0.2 mg/L is exceeded.

The concentration of heavy metals in the water at four monitoring points along the San Juan River during both dry and flood seasons does not show considerable values, except in the case of Mn, which has exhibited a behavior directly proportional to conductivity during flood periods, while during dry seasons, it has maintained an inversely proportional correlation with water temperature. Furthermore, the study area contains Cu, Mn, and Pb mining deposits, which, during flood periods, lead to increased concentrations of these metals due to water runoff from rainfall. Consequently, the water quality of the San Juan River is affected by

the influence of anthropogenic activities upstream as well as by the geological formations in its surroundings

Keywords: RCTs, ICARHS, heavy metals, water quality.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los metales pesados son componentes que se encuentran en la corteza terrestre que no pueden ser deteriorados o destruidos (Soto, y otros, 2020). Al respecto, (Londoño Franco et al., 2016) indican que los metales son elementos que, por su variedad (106 elementos conocidos), densidad y toxicidad, presentan un riesgo frecuente de contaminación para los seres vivos, dentro de los cuales los más nocivos son el mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel, zinc, aluminio y arsénico (As).

Las actividades industriales y extractivas, juntamente con el cambio climático, producen una mayor presión en cuanto a la disponibilidad y calidad del agua dulce (Villareal, 2016), que representa el 2.5% del agua en el planeta (Consortio Agua Azul, 2018). Según el Banco Mundial, la variación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua generan escenarios negativos hacia la salud, el crecimiento económico y el medio ambiente (Banco Mundial, 2019).

En el Perú, Villareal (2016) sostiene que la industria minero-metalúrgica es una de las actividades que más contaminan las aguas superficiales. De la misma manera, Villena Chávez (2018) afirma que existe una gran concentración de químicos en los recursos hídricos en el país como, por ejemplo, la presencia de Cd en la zona norte del Perú, As en el sur y Pb en la zona central. Dado esto, el costo de tratamiento de agua resulta cada vez más costoso.

Por consiguiente, la presencia de metales pesados puede provocar una afectación directa en la calidad del agua, así como incrementar la dificultad para obtener recursos hídricos estables en el territorio (Yang et al., 2019).

Ante esta situación, el Estado peruano ha tomado iniciativas para atender esta problemática mediante la creación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el 2008, la cual viene monitoreando la calidad del agua en las diferentes cuencas hidrográficas a nivel nacional para conocer las condiciones de sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2018). Igualmente, la evaluación de la calidad está basada en los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-agua) (D.S. N° 004-2017-MINAM), que cuenta con cuatro categorías y diecisiete subcategorías que establecen la calidad del recurso dependiendo de su uso con el objetivo de conservar la calidad de los ecosistemas acuáticos (MINAGRI, 2024).

El Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) es un instrumento empleado en Perú para valorar la calidad del agua en ríos y otros cuerpos hídricos. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) estableció este índice, que incluye catorce parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos. El ICARHS se ha implementado en diversas cuencas hidrográficas en Perú. Un ejemplo de su uso es en la evaluación de la calidad del agua del río Chillón, situado a 130 km al sur de Lima. Los hallazgos de este estudio especialmente en la parte bajan, no cumplían con los estándares de calidad según la normativa. El valor calculado del ICARHS fue de 35,40, lo que clasifica al río Chillón como de calidad de agua muy pobre (ANA, 2020).

En otro estudio, se determinó que el ICARHS es el índice que mejor se adapta para describir la calidad del agua superficial en la cuenca del río Tambo, ya que incluye metales en sus parámetros, los cuales son muy típicos en esa cuenca. Estos antecedentes subrayan la utilidad del ICARHS para estimar la calidad del agua en

los cuerpos del agua superficial del Perú y resaltan la importancia de realizar el monitoreo de las aguas superficiales de los ríos como un instrumento efectivo para evaluar su estado. Asimismo, para tomar decisiones en pro de su protección del entorno natural y de la salud humana (Vargas, 2021).

En las inmediaciones del río San Juan (Pasco), se focalizan diversas actividades extractivas, ganaderas, agricultura y piscicultura. Sin embargo, no se ha estudiado la calidad del agua superficial y se percibe un vacío de conocimiento en la clasificación y sectorización del curso del río San Juan.

Se tiene como objetivo principal en esta investigación es evaluar la calidad del agua superficial del río San Juan a partir de la influencia de actividades antrópicas, mediante el uso del método de Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), determinando una correlación estadística entre la presencia de metales pesados y las propiedades fisicoquímicas del agua, con el fin de generar información técnica que permitirá generar nuevos instrumentos de gestión ambiental.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para la evaluación del grado de alteración de la calidad de agua del río San Juan, Bautista Baygorrea (2021), realizó un estudio mediante el registro de datos y análisis documentario de los datos de monitoreo de agua en donde concluyó: que existe una alta mineralización de la zona y la mala gestión de las empresas en lo que se refiere al tratamiento de efluentes industriales.

Por otro lado, Carhuas Mauricio (2019), desarrolló un análisis de los niveles de contaminación de las aguas del río San Juan, producto de las actividades de la

empresa minera El Brocal S.A., definiendo la concentración de metales pesados y de microorganismos en el agua como producto de la actividad minero-metalúrgica. Se determinó que las aguas de este río se encontraban muy contaminadas, especialmente con hierro, plomo y coliformes totales y fecales, concluyendo que existe un daño permanente al entorno y que es complicado de revertir, perjudicando a la flora y fauna local.

Chirinos Málaga (2022), empleó datos de monitoreo históricos de los informes de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de 2012 a 2018 para evaluar la calidad del agua del río San Juan utilizando el Índice de Directrices Canadienses sobre la calidad del agua para toda la protección de la vida acuática (CCME WQI) y el Índice de Metales Pesados (HPI). En donde determino que para la parte superior de la cuenca del río San Juan recibió una calificación de "muy buena", la parte media recibió una calificación de "pobre" y para la parte inferior dio una calificación primariamente de marginal a regular. Esto permitió la cuantificación global de la contaminación en cada punto de monitoreo a lo largo del río San Juan.

Paz Valenzuela (2016), investigó sobre el impacto geoambiental generado por la minería al río San Juan, determinando que la causa principal son el conjunto de las labores mineras que operan en la zona. Concluyendo que los límites máximos permisibles (LMP) superan lo establecidos en la normativa, encontrando presencia de cobre (Cu), plomo (Pb), hierro (Fe) y zinc (Zn); ya que el río Ragra se encuentra contaminados, siendo un aportante tributario del río San Juan; teniendo presencia de plomo como componente principal en zona de estudio.

Andrade Chunga & Ponce García (2016), analizaron la presencia de metales pesados del río Carrizal del Cantón Bolívar que se encuentra en Ecuador.

Comprobaron que los metales pesados (Hg, Cd, Pb) en el agua, en la zona monitoreo analizada no superaba el estándar de calidad y que la actividad antropogénica no afectaba la calidad de la misma y que se encontraba dentro de los estándares o límites máximos permisibles.

Hernández Angulo (2020), realizó un modelamiento de la presencia de metales pesados en la cuenca baja del río César, desarrollado en Colombia, aplicando modelos hidráulicos mediante la utilización de software para conocer la especiación química y transporte de metales a lo largo del río, en el cual se concluye que tienen una aproximación considerable sobre el transporte y destino de metales, representando un 75% de confiabilidad.

Morales García (2018), estudió la incidencia de los metales pesados (As, Cd, Cr, Pb, Se) en el río Guastaloya, en Guatemala, para determinar la presencia de dichos elementos, se usó de equipos de laboratorio convencionales y el espectrofotómetro. Se determinó que durante el verano se incrementa la presencia de los metales pesados que durante el invierno. Por ende, el consumo de agua no era apto durante esa época.

Laino-Guanes et al. (2017), estudiaron la densidad de los sedimentos y metales en la cuenca alta del río Grijalva, ubicada entre Guatemala y México. Evaluaron los parámetros de las microcuencas cuyos ríos abastecen de agua a las comunidades de la zona, se usó una metodología instrumental de espectrofotometría de absorción atómica. Se obtuvo un resultado que la presencia de los metales pesados era excesiva, excediendo en la mayoría de los casos los límites máximos permisibles, afectándose al ecosistema y a la salud del área de estudio.

2.2. Bases teóricas

a. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua es fundamental para la supervivencia de los seres vivos. Cuando la concentración de oxígeno alcanza valores de 5 a 6 partes por millón (ppm), se considera que hay suficiente oxígeno para mantener la vida acuática. Sin embargo, cuando la concentración desciende por debajo de 3 ppm, esto puede causar daños al ecosistema, ya que se produce hipoxia. Cuando el contenido de oxígeno disuelto es inferior de 2 ppm, se vuelve letal para la mayoría, si no todas, las especies (Tecnotanques, 2016).

El decreto supremo 004 – 2017 – MINAM, ECA de agua para regadío de vegetales y bebida de animales, menciona que la concentración del oxígeno disuelto (OD) para riego debe ser igual o mayor a 4 miligramos por litro; y, para bebida de animales, mayor o igual a 5 ppm, para que pueda ser útil.

b. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la medida del oxígeno que los microorganismos que necesitan durante la degradación del material orgánico en una muestra de agua.

En términos simples, la DBO5 es la proporción de oxígeno necesaria para que un conjunto de microorganismos oxide la materia orgánica presente en el agua un lapso de 5 días. Dicho método consiste en la medición del oxígeno consumido por los microorganismos en condiciones que favorecen su desarrollo, mientras se han inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno (Aguilar Romo, 2001).

c. Demanda química del oxígeno (DQO)

Representa la fracción de oxígeno consumido durante el proceso de oxidación de las entidades reductoras que se encuentran en el agua. Este método implica la

utilización de agentes químicamente oxidantes para evaluar la presencia de materia orgánica en aguas naturales como en aguas residuales para determinar el equivalente de oxígeno que puede oxidar el material orgánico (Navarro Pezo, 2022).

La DQO se utiliza para medir la porción de oxígeno necesario para la reacción de oxidación de la materia, que puede ser inorgánica y orgánica, presente en el agua tanto natural como residual (DIGESA, 2012). Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), para DBO debe ser menor o igual a 15 ppm.

d. Coliformes termotolerantes

Son el conjunto de microorganismos que provienen de residuos fecales y su concentración indica los niveles que pueden dañar a la agricultura o a los animales (Fernández-Santisteban, 2017).

e. pH: Grado de acidez o alcalinidad

Mantener un equilibrio adecuado de pH en el agua es primordial para la salud y equilibrio de los ambientes acuáticos. Los organismos que habitan en el agua dependen de su alta calidad, la presencia de oxígeno disuelto en la cantidad adecuada y la preservación de sus nutrientes. Un pH elevado o bajo podría perturbar el equilibrio químico dentro de su entorno, desencadenando la movilización de contaminantes, lo que daría lugar a condiciones tóxicas que afectarían a los organismos. El pH es un indicador que permite evaluar la salud de los cuerpos de agua. (Stip Martínez, 2007).

f. Metales pesados

Grupo de elementos químicos de alta densidad, dependiendo de sus concentraciones pueden ser beneficiosos para la vida o dañinos para los seres vivos. (Covarrubias & Peña Cabriales, 2017).

Los metales de alta densidad, tales como el zinc, el selenio y el cobre, desempeñan un papel vital en los procesos metabólicos de los organismos vivos. Sin embargo, cuando se encuentran en concentraciones que se encuentran fuera del límite máximo de absorción pueden ocasionar daños. Es importante tener en cuenta que algunos de estos metales pesados, como los mencionados anteriormente, son esenciales para mantener y promover procesos metabólicos saludables. No obstante, en niveles superiores, pueden causar daño tóxico a través de la bioacumulación en la cadena alimentaria.

Según Rodríguez Rey et al. (2016) estos metales son altamente tóxicos y perjudiciales para el medio ambiente debido a su capacidad de bioacumulación y biotransformación, lo que aumenta su toxicidad y prolonga su presencia en los ecosistemas durante períodos significativos. Incluso en concentraciones muy bajas, estos metales resultan perjudiciales para los seres vivos y presentan dificultades en su absorción.

g. Calidad del agua

Son las particularidades físicas, químicas y biológicas del agua en su entorno natural o después de ser influenciadas por fuentes antropogénicas. Sus condiciones para consumo o de vertimiento se establecen comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con los estándares nacionales o internacionales (Baeza Gómez, 2016).

h. Calidad ambiental

Se basa en la disponibilidad y facilidad de acceso a los bienes naturales y a la carencia o presencia de agentes nocivos. Esto es necesario para el sostenimiento y mejora de la calidad de vida de las personas (Ministerio del Ambiente, 2010).

III. OBJETIVOS/HIPÓTESIS

3.1. Objetivo general 1

Evaluar la calidad de agua del río San Juan (tramo 12.65 km) por la influencia de actividades antropogénicas en el período 2016-2020.

3.1.1. Objetivo específico 1

Analizar la calidad de agua superficial de la parte inicial del tramo del río San Juan antes de la influencia antropogénica, entre las estaciones de monitoreo E7 y E10, mediante la metodología ICARHS.

3.1.2. Objetivo específico 2

Determinar la calidad del agua superficial de la parte media del tramo del río San Juan, después de recibir el efluente de la Central Hidroeléctrica, entre las estaciones de monitoreo E10 y E4, mediante la metodología ICARHS.

3.1.3. Objetivo específico 3

Comprobar la calidad del agua superficial de la parte final del tramo del río San Juan, después de recibir el vertimiento de una Planta de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas (PTARD) y de la quebrada Andacancha, entre las estaciones de monitoreo E-4 y E-2, mediante la metodología ICARHS.

3.2. Objetivo general 2

Analizar la interacción de metales pesados del río San Juan con los parámetros fisicoquímicos y los estándares de calidad ambiental (ECA-agua).

3.2.1. Objetivo específico 4

Analizar la concentración de metales pesados del agua superficial de cuatro puntos de monitoreo del río San Juan durante la época de estiaje (junio a noviembre) y de avenida (diciembre a mayo).

3.2.2. Objetivo específico 5

Relacionar la interacción de los niveles de concentración de metales pesados con los parámetros físico químicos (pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbiedad) mediante métodos estadísticos.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio

El río San Juan atraviesa la región central del Perú, abarcando aproximadamente 725 kilómetros a través de las regiones de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho. En la cuenca alta existe explotación de Pb, plata (Ag), cobre (Cu) y zinc (Zn) por la explotación extractiva minera que se desarrolla. Producto a esta actividad, algunos desechos líquidos mineros son descargados directamente en los afluentes del río, mientras que otros son depositados en áreas designadas conocidas como canchas de relaves que pueden lixiviar su contenido al cuerpo receptor si es que no tiene un debido sistema de contención. Por otro lado, aguas arriba del área de estudio, se encuentran las actividades de la Unidad Minera Volcán, canteras de cal administradas por las comunidades aledañas y actividades acuícolas (MINSA-DIGESA, 2008).

El tramo seleccionado para el presente estudio es del 12.65 km, en el que se encuentran ubicadas las actividades mineras de la Sociedad Minera El Brocal, que se dedica a la extracción de minerales polimetálicos mediante explotación a tajo abierto y subterránea. Asimismo, posee una planta concentradora, ubicada muy cerca del río San Juan, donde procesa el mineral extraído (El Brocal, 2023).

Para la aplicación de la metodología ICARHS, se trabajó por sectores en el tramo de 12.65 km del río San Juan. Adicionalmente, se aplicó el método de interpolación Inverse Distance Weighting (IDW), propuesto por (Shepard, 1968) para interpretar el comportamiento de los metales pesados a lo largo de la zona de estudio.

Es importante resaltar que el lugar de la investigación comprende las inmediaciones de la poblado rural de Huaraucaca del distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, región de Pasco (Sociedad Minera El Brocal S.A.A., 2019).

La Tabla 1 muestra las cinco estaciones admitidas en los instrumentos de gestión ambiental de la Sociedad Minera El Brocal y sus coordenadas, las cuales fueron monitoreadas con una frecuencia mensual.

Tabla 1
Punto de control de calidad de agua del río San Juan (Pasco)

Estación	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18		Altitud (m.s.n.m.)	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
E-2	360301	8805228	4128	Río San Juan, del puente San Gregorio, aguas de abajo de la Qda. Andacancha
E-4	357872	8806192	4164	Río San Juan, a 100 m aguas arriba de la Planta Concentradora Huaraucaca
E-7	356596	8813409	4169	Río San Juan, a 60 m aguas arriba del puente Los Ángeles, monitoreo en entrada a la Unidad Minera
E-10	356596	8807941	4164	Río San Juan, a 60 m aguas arriba de la Central Hidroeléctrica de Jupayragra.
E-11	360292	8805213	4139	Río Andacancha, antes de la confluencia con el río San Juan.

4.2. Puntos de muestreo

En la Figura 1 se aprecia las estaciones de monitoreo que se emplearon en el estudio. Por otro lado, se identifica su distribución espacial en el tramo de 12.65 km.

Para el presente estudio, se tomaron en cuenta 58 datos de monitoreo para cada parámetro por punto, 12 datos anuales (1 por mes) del 2016, 2017, 2018 y 2019; más 10 datos en el 2020 (1 por mes, a excepción de marzo y abril, meses en los que, por inicio de pandemia COVID-19, no se recopilaban datos), lo que suma 232 datos por parámetro en los cuatro puntos de monitoreo para los cinco años de estudio (2016 a 2020).

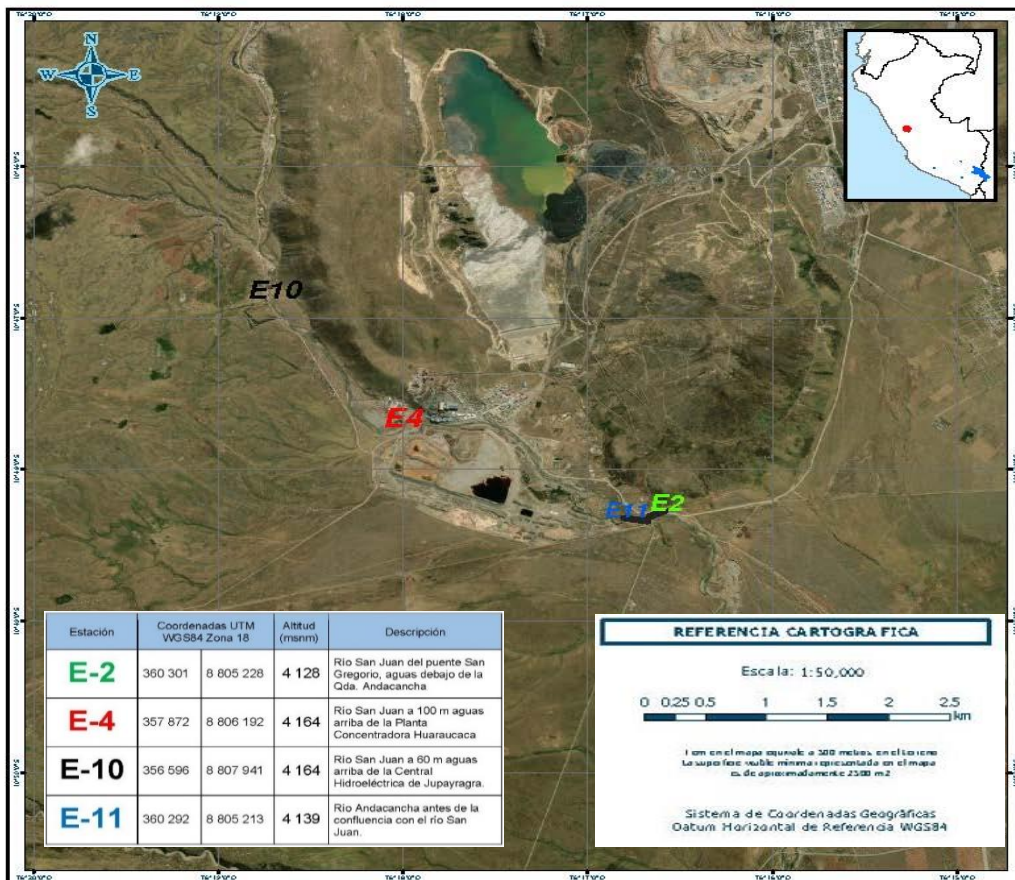


Figura 1
Puntos de monitoreo en el río San Juan (Pasco)

4.3. Evaluación de la calidad ambiental del agua

Esta investigación se asentó en datos históricos de seguimiento y control de la calidad del agua, los cuales abarcan la observación del agua superficial y la descarga de efluentes en el cuerpo receptor, que corresponden al río San Juan. Estos datos fueron proporcionados por la Sociedad Minera El Brocal y cubren el período desde 2016 hasta 2020.

a. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)

Respecto al análisis espacio-temporal, se utilizaron los datos de monitoreo generados en el periodo del 2016 al 2020. Por ello, se diferencié el río San Juan por tramos, que fueron definidos para el desarrollo del estudio. En adición a ello, se empleó la metodología ICARHS.

La metodología ICARHS cuenta con tres etapas:

- Determinación del ámbito de estudio: se toma en cuenta el curso del recurso hídrico, río o cuenca, que será figurado por una red de estaciones de monitoreo.
- Compilación de datos: se emplea los resultados de monitoreo comparándolo con el ECA-agua, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.
- Se utilizaron 20 parámetros, los cuales son agrupados por su naturaleza (materia orgánica y fisicoquímico), sobre la base de las categorías determinadas para cada cuerpo de agua.

En la Tabla 2, se muestran las medidas utilizadas para determinar el ICARHS.

Tabla 2
Parámetros para determinar el ICARHS (2020)

		Categoría 1 Subcategoría A2	Categoría 3	Categoría 4 Subcategoría E2
		1/	2/	3/
Subíndice 1 Materia Orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) - mg/l	X	15	X
	Demanda química de oxígeno (DQO) - mg/l	X	40	
	Oxígeno disuelto (valor mínimo) - mg/l	X	>=4	X
	Coliformes termotolerantes NMP/100ml	X	1000	X
	Fósforo total	X		X
	Amoniaco - N	X		
	Nitratos (NO ³⁻)			X
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/			X
Subíndice 2 Fisicoquímico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	X	6.5 – 8.5	X
	Arsénico - mg/l	X	0.1	X
	Aluminio - mg/l	X	5	
	Manganeso - mg/l	X	0.5	
	Hierro - mg/l	X	5	
	Cadmio - mg/l	X	0.01	
	Plomo - mg/l	X	0.05	X
	Boro - mg/l	X	1	
	Cobre - mg/l		0.2	X
	Mercurio			X
	Zinc			X
	Sólidos suspendidos totales			X

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2017)

Nota: 1/ Poblacional y recreacional: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. 2/ Riego de vegetales y bebida de animales. 3/

Conservación del ambiente acuático (ríos de la costa, sierra y selva), 4/ Aplica para la vertiente del Amazonas con categoría E2 ríos de la selva.

Para el desarrollo del estudio, se empleó la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, ya que toda la información obtenida por parte de Sociedad Minera El Brocal fue analizada con dicha categoría.

- **Cálculo del ICARHS:** se emplea la técnica del ICARHS realizada por el Consejo Canadiense de ministros del Medio Ambiente (Ecuación 1):

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

F1-Alcance: Representa la cantidad de parámetros de calidad que no satisfacen los estándares establecidos por la normativa en vigor.

$$F_1 = \left(\frac{N^\circ \text{ de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{N^\circ \text{ total de parámetros a evaluar}} \right)$$

F2-Frecuencia: Representa la cuantía de datos que incumplen el estándar ambiental vigente en relación a la totalidad de datos de los parámetros a considerar.

$$F_2 = \left(\frac{N^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{N^\circ \text{ total de datos evaluados}} \right)$$

F3-Amplitud: Se define como una medida de la variabilidad presente en los datos, calculada mediante la suma normalizada de los excedentes; es decir las diferencias entre todos los datos y el total de datos.

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Una vez obtenido el resultado, se categoriza utilizando las escalas de valoración, cuya escala es de cinco rangos como pésimo, malo, regular, bueno y excelente. En la tabla 3 se precisa la clasificación del ICARHS:

Tabla 3
Escala de valoración ICARHS (2020)

Valor ICARHS	Clasificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95-100	Excelente	0	La integridad del agua está garantizada, sin riesgo de perjuicio, manteniéndose en niveles muy próximos a los estándares naturales o ideales.
		112	
		255	
80-94	Bueno	0	La calidad del agua se distancia ligeramente de su estado natural, aunque las condiciones deseadas pueden verse afectadas por amenazas o daños menores.
		197	
		255	
65-79	Regular	85	La calidad del agua original puede ser ocasionalmente comprometida o afectada. Con frecuencia, la calidad del agua se distancia de los niveles ideales. En muchos casos, se requiere tratamiento para varios propósitos de uso.
		255	
		0	
45-64	Malo	255	La calidad de agua no alcanza los estándares de calidad establecidos, y con frecuencia las condiciones óptimas se ven comprometidas o deterioradas. Se requiere tratamiento para numerosos usos.
		170	
		0	
0-44	Pésimo	255	La calidad del agua no alcanza los estándares de calidad establecidos y se ve frecuentemente comprometida o afectada. Para todos los usos se requieren tratamiento.
		0	
		0	

Fuente: Metodología para la determinación de ICARHS

Además, para establecer de subíndices S1 y S2, se derivaron de parámetros interrelacionados, y la puntuación definitiva se basó en el resultado de valor menor y evaluación crítica (Figura 2).



Figura 2

Representación gráfica del mapa temático

Fuente: Metodología para la determinación de ICARHS

Finalmente, se realiza la representación gráfica mediante la elaboración de un mapa temático de la zona de estudio. Cabe destacar que los valores de los subíndices (S1 y S2) son representados por símbolo u íconos y son representados según la escala de valoración del ICARHS (Tabla 3, Figura 3).

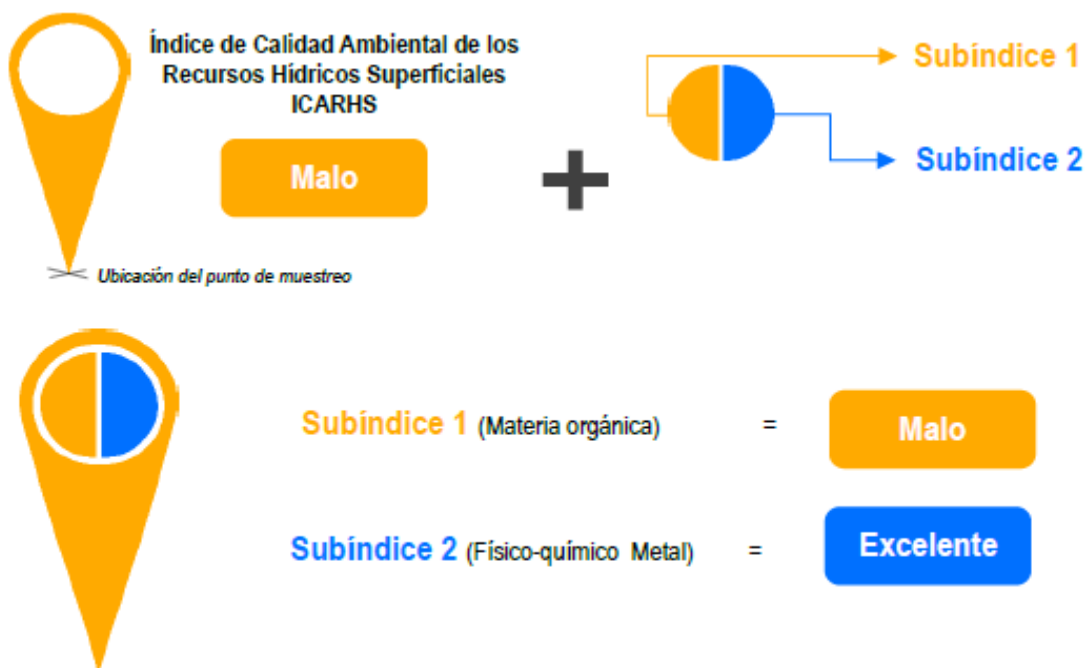


Figura 3

Determinación del ICARHS

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

b. Interpolación Distancia Inversa Ponderada (IDW)

Se efectuó el procedimiento de interpolación Distancia Inversa Ponderada o IDW (Inverse Distance Weighted en inglés), que se basa en autocorrelación espacial de los puntos para la predicción y la visualización de datos geográficos (Murillo et al., 2012). Esta técnica de interpolación permite estimar valores desconocidos y su funcionamiento implica que, a medida que incrementa la separación entre dos ubicaciones, la similitud entre los valores de la variable disminuye (Aragón Hernández et al., 2019). Este método es especialmente adecuado para el análisis de parámetros fisicoquímicos en ríos (Juárez, 2012) debido a su estructura de estimación definida, que resulta en una representación "tridimensional" de la variable (Duque Martínez, 2015).

La información se procesó para generar un raster con un tamaño de píxel de 50 m, que se planteó como un instrumento de análisis para examinar el comportamiento de potenciales agentes contaminadores en el río San Juan. Este proceso se realizó utilizando el programa ArcGIS 10.8. Posteriormente, se extrajo la información del raster y se seleccionaron un total de 120 puntos, que abarcaban los 12.65 km del área de estudio, para su posterior análisis estadístico.

Es importante destacar que el tamaño de píxel elegido se basó en la investigación previa titulada "Evaluación Espaciotemporal de Metales Pesados en el Recurso Hídrico Superficial de la Microcuenca del Río Tinco, Provincia Yauyos, Departamento Lima" (Camacho Vargas, 2018).

c. Correlación entre calidad ambiental del agua y presencia de metales pesados

Se realizaron detallados registros de puntos, cada uno con sus atributos correspondientes para cada parámetro. Esto permitió realizar un análisis exploratorio de correlación con una significancia estadística de 0.01, aplicando la correlación de Pearson debido a la naturaleza continua de los datos, obteniendo una escala de coloración roja (correlación inversa) con valores de 0 a -1 y coloración azul (correlación directa) de 0 a 1, intensificándose la coloración mientras el valor se aleja del valor 0. La plataforma estadística utilizada para obtener los resultados finales del análisis fue R (Gómez, 2020). Posterior a ello, se creó una tabla comparativa en el programa Microsoft Excel versión 2019, de los metales que más superaron los ECA y se comparó con el tipo de estación o temporada del año (estiaje y avenida).

V. RESULTADOS

5.1. Análisis del Índice de Calidad del Agua del Río San Juan mediante ICARHS

a. Evaluación ICARHS en el año 2016

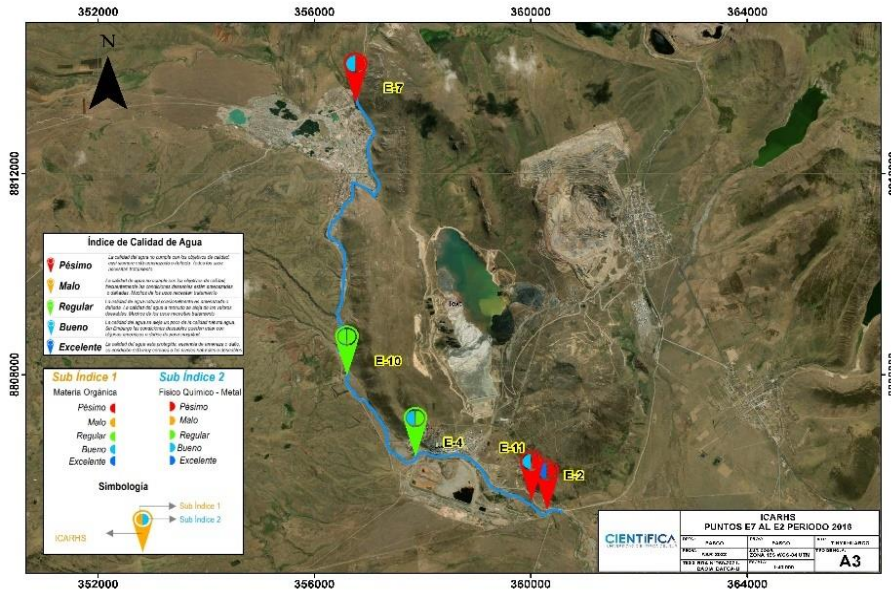


Figura 4
Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2016)

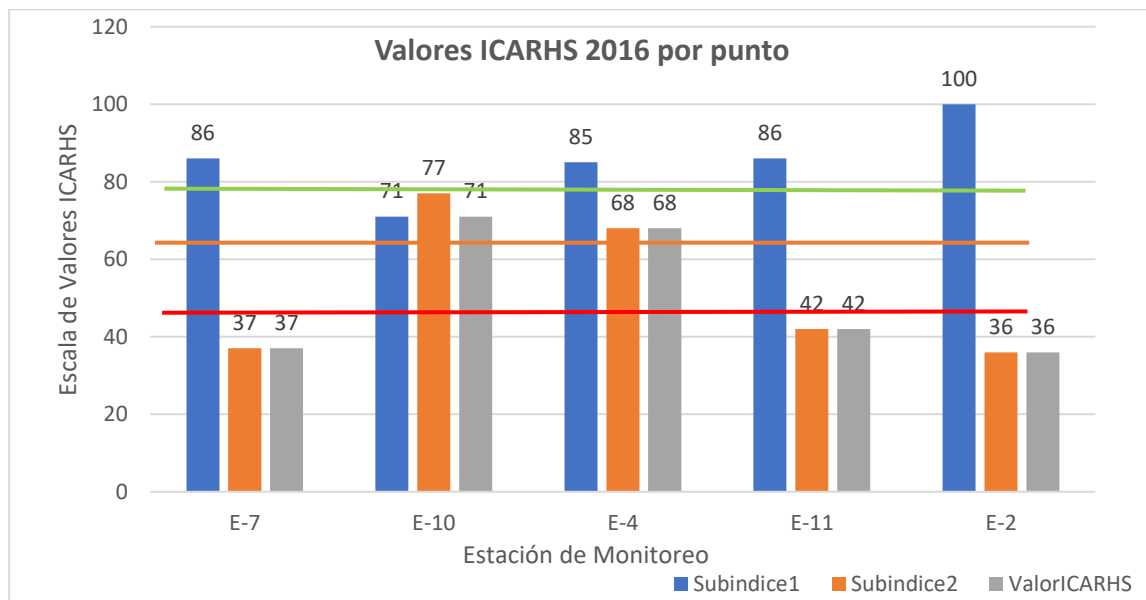


Figura 5
Representación en barras de los valores ICARHS del río San Juan (2016)

La línea verde indica el valor 79 nivel regular, línea naranja indica el valor 64 nivel malo, la línea roja indica el valor 44 nivel pésimo.

Las Figuras 4 y 5 muestran que los puntos E7, E11 y E2 obtuvieron una calificación pésima (color rojo), con valores ICARHS de 37, 42 y 36, respectivamente. Por otro lado, los puntos E10 y E4 presentan una calificación regular, mostrando valores ICARHS de 71 y 68, respectivamente.

b. Evaluación ICARHS en el año 2017

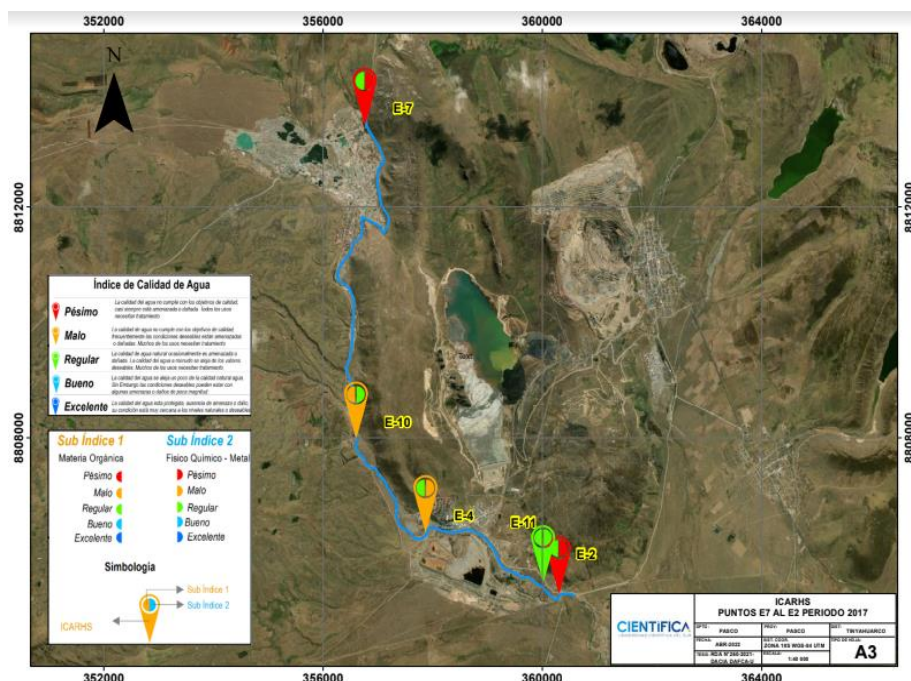


Figura 6
Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2017)

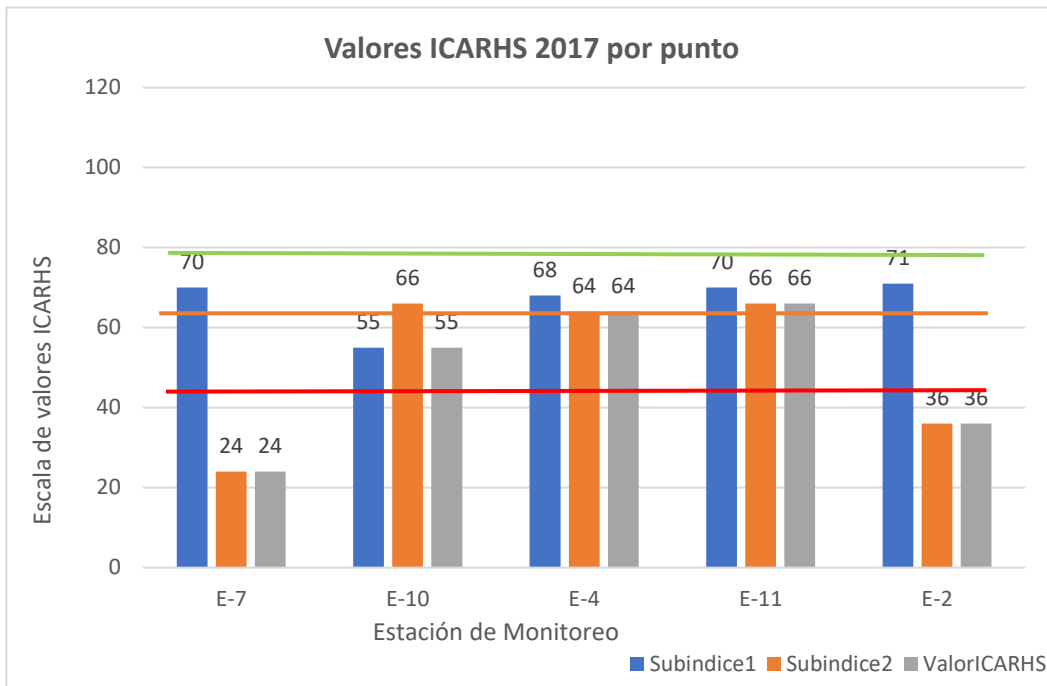


Figura 7
Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2017)

Las Figuras 6 y 7 revelan que el punto E11 tuvo valor ICARHS de 66 de clasificación regular. Los puntos E10 y E4 tuvieron una calificación mala, con valores ICARHS de 55 y 64, respectivamente. En contraste, los puntos E2 y E7 alcanzaron una evaluación pésima, con valores ICARHS de 36 y 24, correspondientemente.

c. Evaluación ICARHS en el año 2018

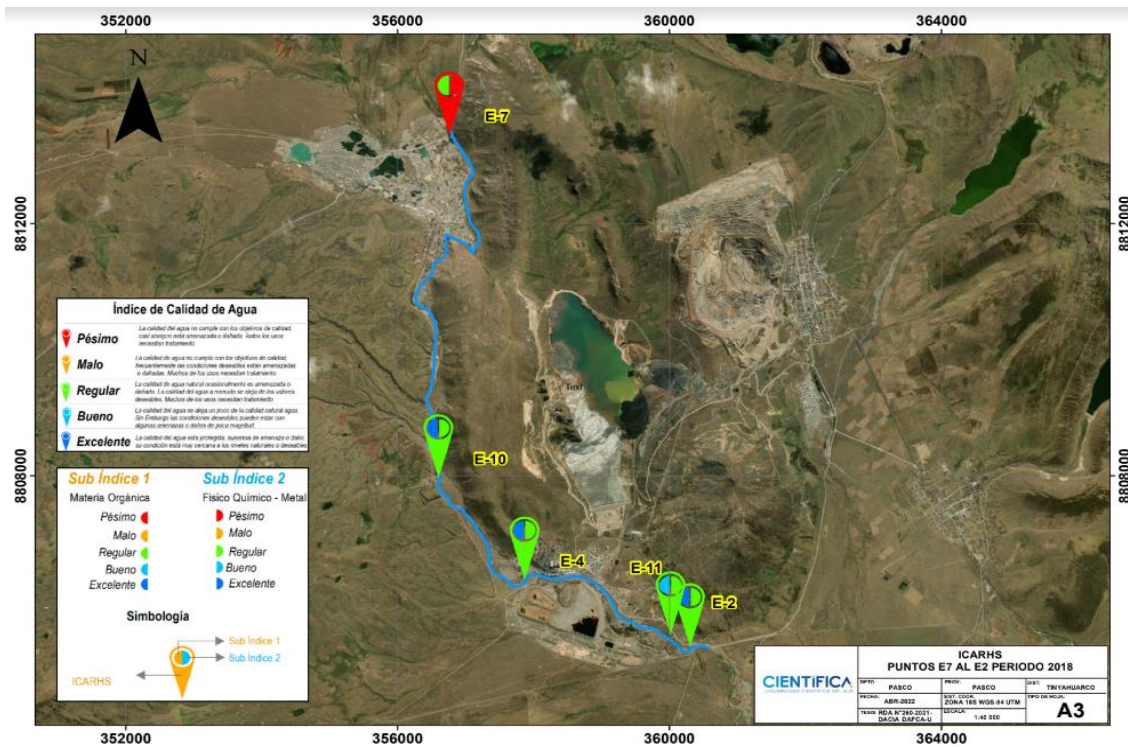


Figura 8 Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2018)

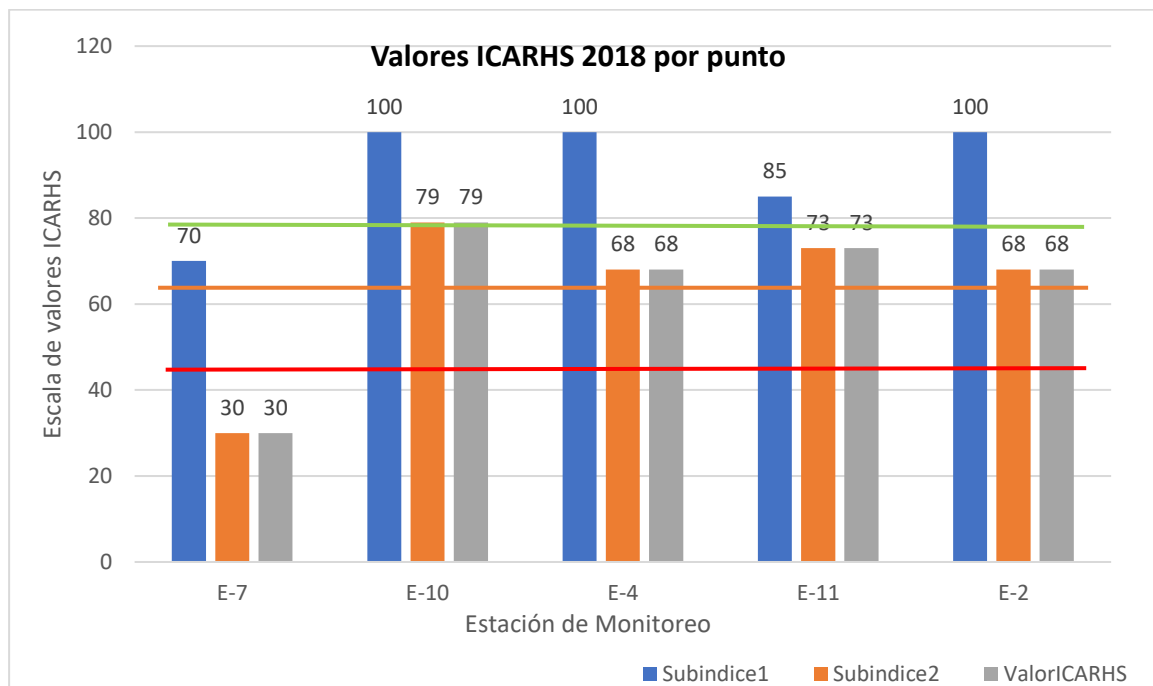


Figura 9 Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2018)

Las figuras 8 y 9 muestran que solo el punto E7 tiene calificación pésima (valor ICARHS de 30) debido al valor entre 0-44 del subíndice 2 de parámetro fisicoquímico y metales. Por otro lado, los puntos E-10, E-4, E-11 y E-2 obtuvieron una calificación regular ya que presentan valores ICARHS de 79, 68, 73 y 68, respectivamente.

d. Evaluación ICARHS en el año 2019

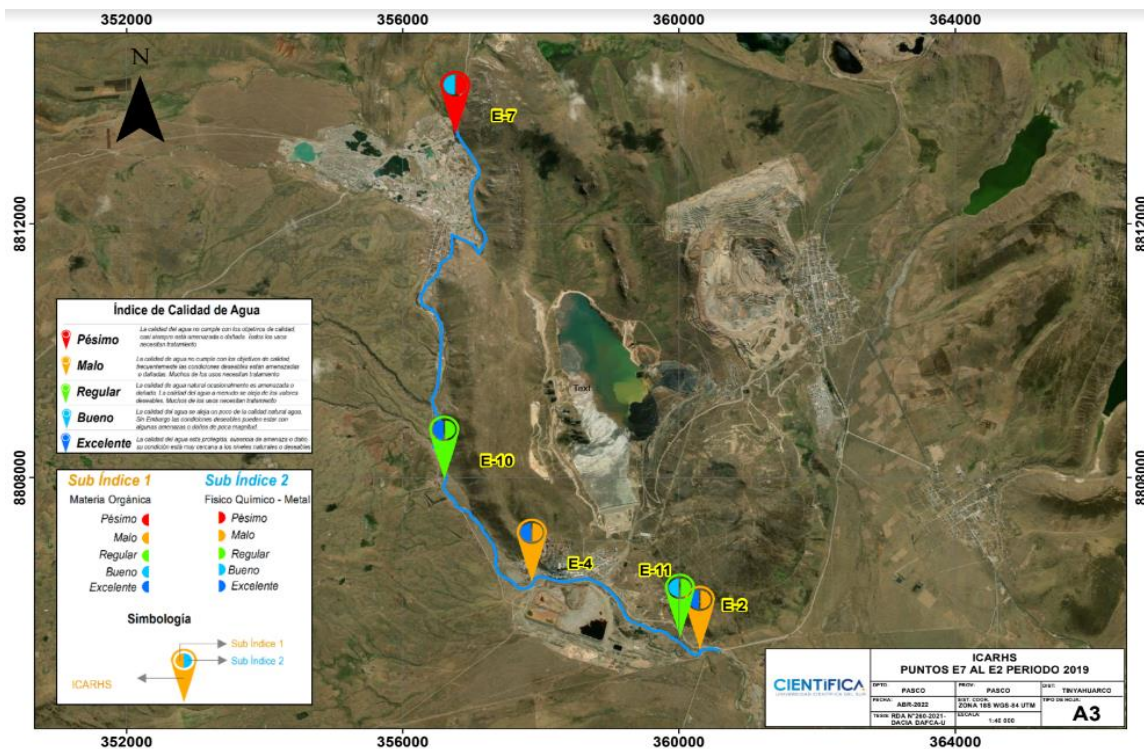


Figura 10 Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2019)

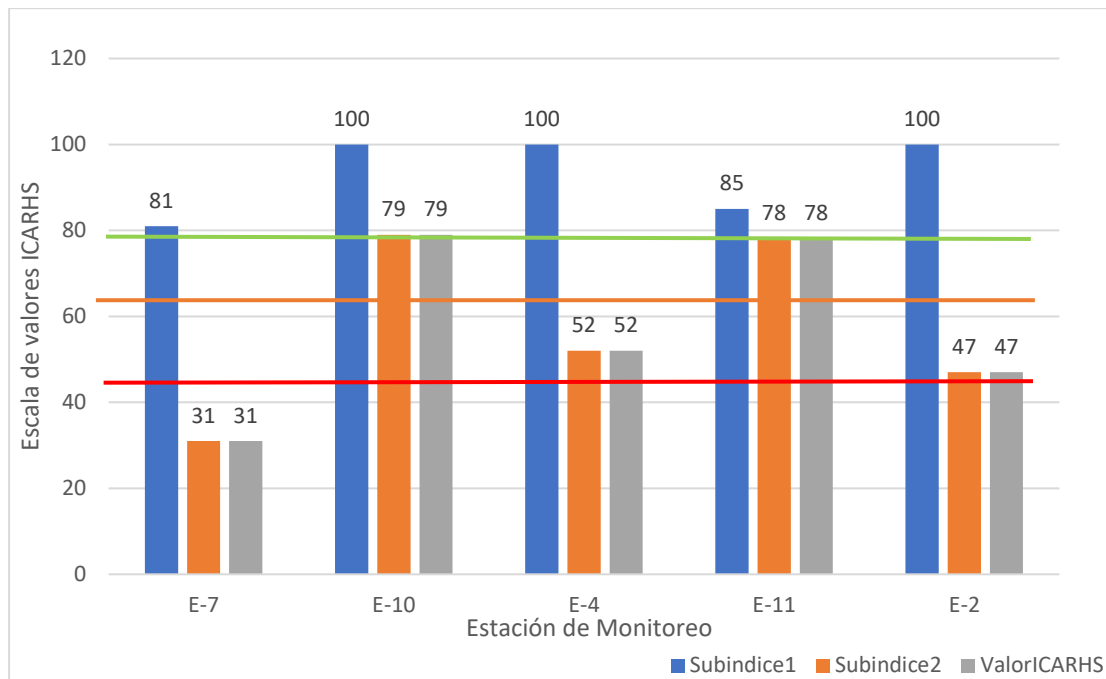


Figura 11
Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2019)

Las Figuras 10 y 11 revelan que el punto E-7 tiene condición pésima (valor ICARHS de 31) valor ubicado entre 0-44, esto debido al subíndice 2 de parámetro fisicoquímico y metales. Por otro lado, los puntos E4 y E2 que obtienen clasificación mala, con valores ICARHS de 52 y 47, respectivamente. Adicionalmente, los puntos E10 y E11 presentan una situación regular, con valores ICARHS de 79 y 78, respectivamente.

e. Evaluación ICARHS en el año 2020.

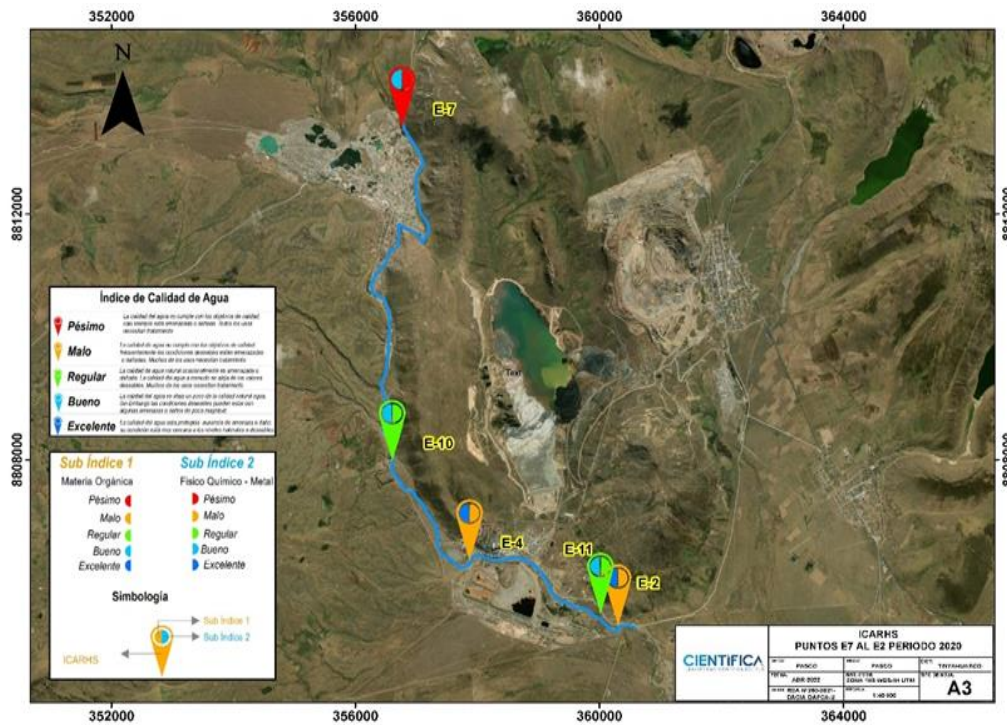


Figura 12 Representación gráfica de los resultados del ICARHS del río San Juan (2020)

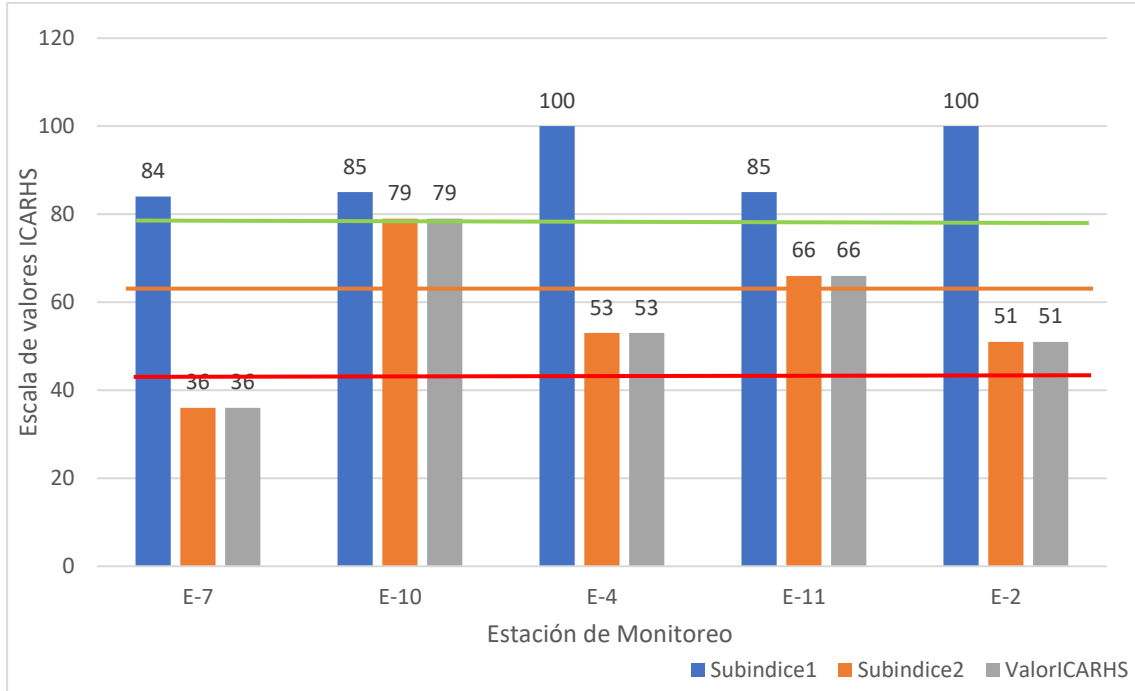


Figura 13 Representación en barras de los Valores ICARHS del río San Juan (2020)

Las Figuras 12 y 13 revelan que solo el punto E7 presenta una condición pésima (valor ICAHRS de 36) debido al valor entre 0-44 del subíndice 2 de parámetro fisicoquímico y metales. En contraste, los puntos E4 y E2 que tienen clasificación mala por poseer valores ICAHRS de 53 y 51 cada uno, mientras que los puntos E10 y E11 muestran una situación regular, con valores ICAHRS de 79 y 66, respetivamente.

5.2. Evolución temporal (2016-2020) de los valores ICARHS para cada punto

La tabla 4 muestra la evolución de la calidad de agua evaluada mediante la valoración ICARHS para cada punto de monitoreo entre los años 2016 a 2020.

Tabla 4

Tabulación de valores ICAHRS de las estaciones de monitoreo entre los años 2016 a 2020

Estación	2016	2017	2018	2019	2020
E-7	37	24	30	31	36
E-10	71	55	79	79	79
E-4	68	64	68	52	53
E-11	42	66	73	78	66
E-2	36	36	68	47	51

La Estación E-7 obtuvo clasificación ICARHS de “pésima” (color rojo) en todos los años al presentar valores ICARHS entre 0-44. En contraste, las estaciones E-10 y E-11 mostraron una clasificación ICARHS de “regular” (color verde) durante el estudio, a excepción de los años 2017 para E-10 y 2016 para E-11, que obtuvieron una clasificación de “malo” (color naranja) y “pésimo”, respectivamente. Por otro

lado, la estación E-4 mantuvo una clasificación de “malo” en su mayoría, aunque en los años 2016 y 2018 presentó una valoración entre 64-79 (“regular”). Por último, la estación E-2 fue la de mayor variación en clasificaciones, ya que en los años 2016 y 2017 fue “pésimo”, en el 2018 fue “regular” y en los años 2019 y 2020 fue “malo”.

5.3. Análisis de parámetros de calidad de agua

a. Oxígeno disuelto

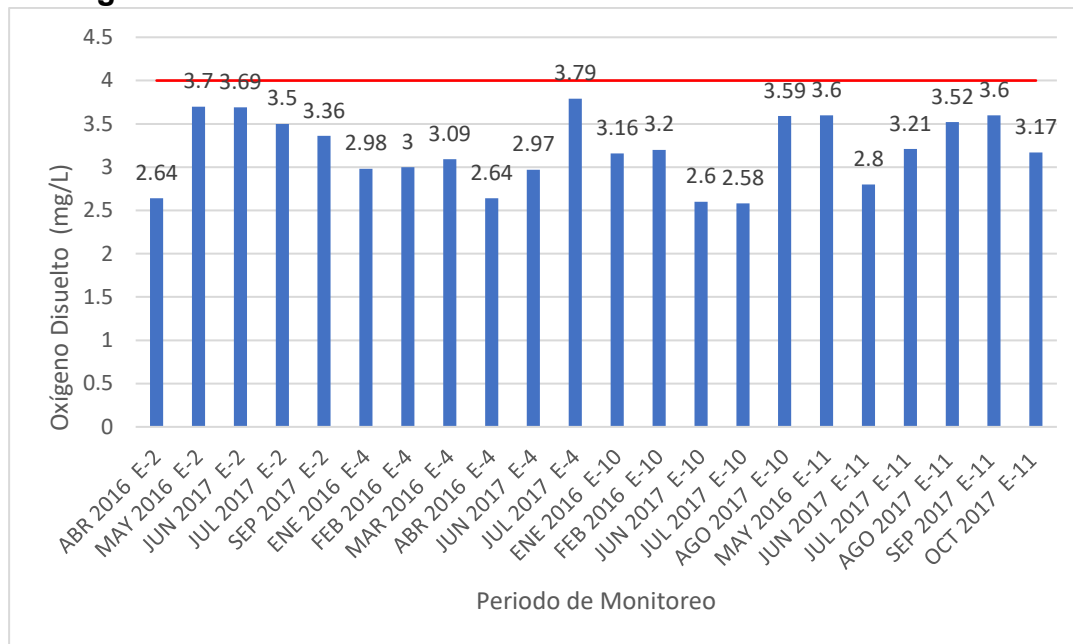


Figura 14

Concentración de Oxígeno disuelto (OD) para el período 2016-2020.

La línea roja representa el valor ECA (4.0 mg/l).

La Figura 14 revela que 22 datos de 232 no alcanzan el umbral mínimo fijado en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de agua categoría 3 (mínimo de 4 mg/l).

b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

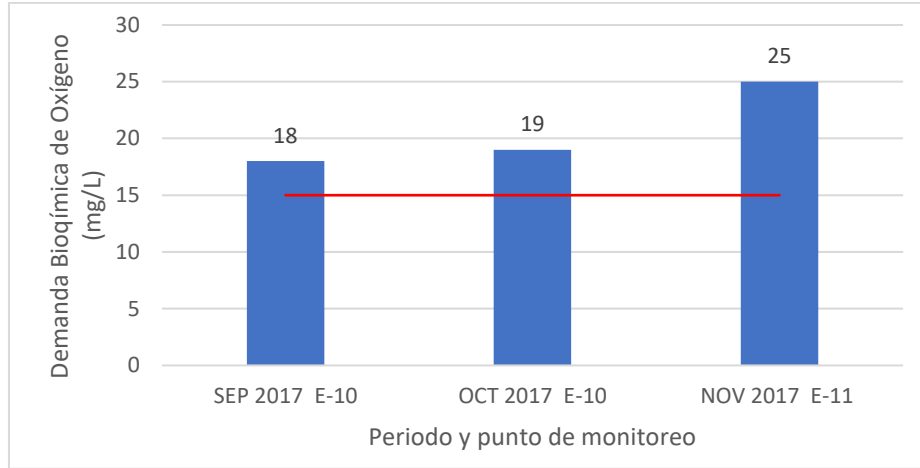


Figura 15

Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5) para el período 2016-2020

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (15 mg/L)

La Figura 15 muestra que la DBO se tiene que 3 datos de 232 superaron el Estándar de Calidad Ambiental (15 mg/l).

c. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

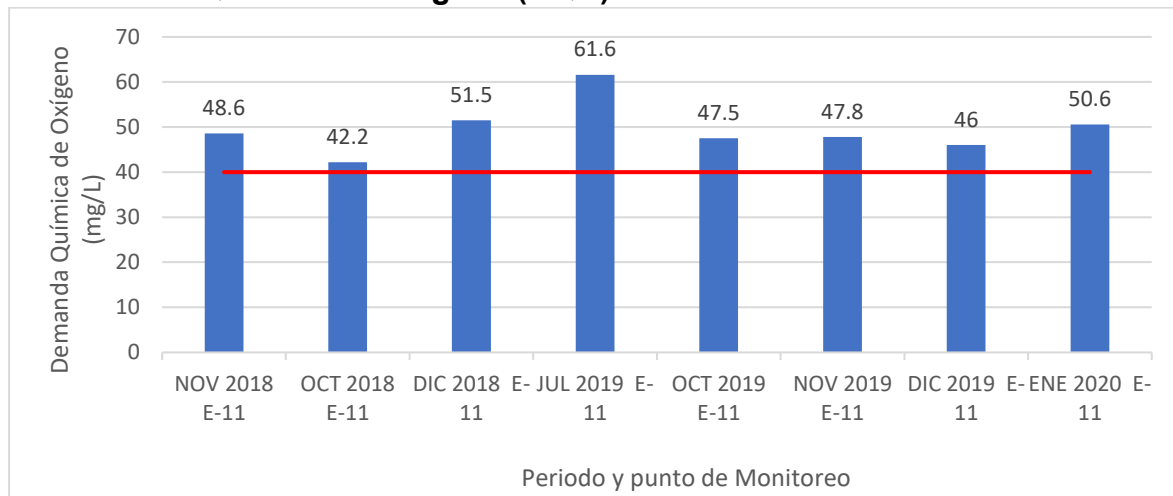


Figura 16

Concentración de la Demanda Química del Oxígeno (DQO) en el período 2016-2020.

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (40 mg/l).

La Figura 16 indica que 8 de 232 monitoreos han superado lo establecido en el ECA (40 mg/l).

d. Coliformes termo-tolerantes

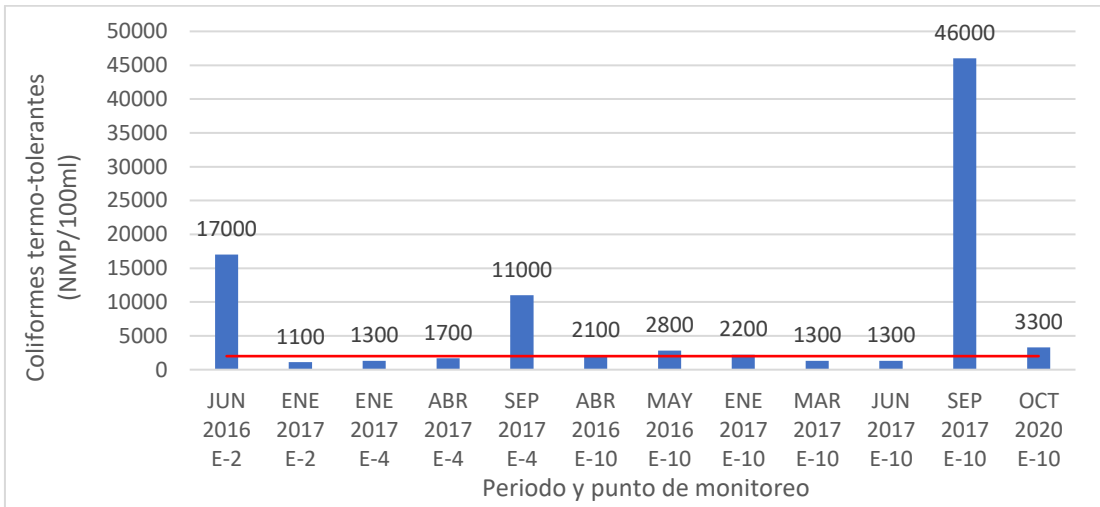


Figura 17

Concentración de coliformes termo tolerantes 2016 – 2020

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (1000 NMP/100ml).

La Figura 17 revela que 12 de 232 datos han superado el valor ECA de 1000 NMP/100ml de coliformes termo tolerantes.

e. pH

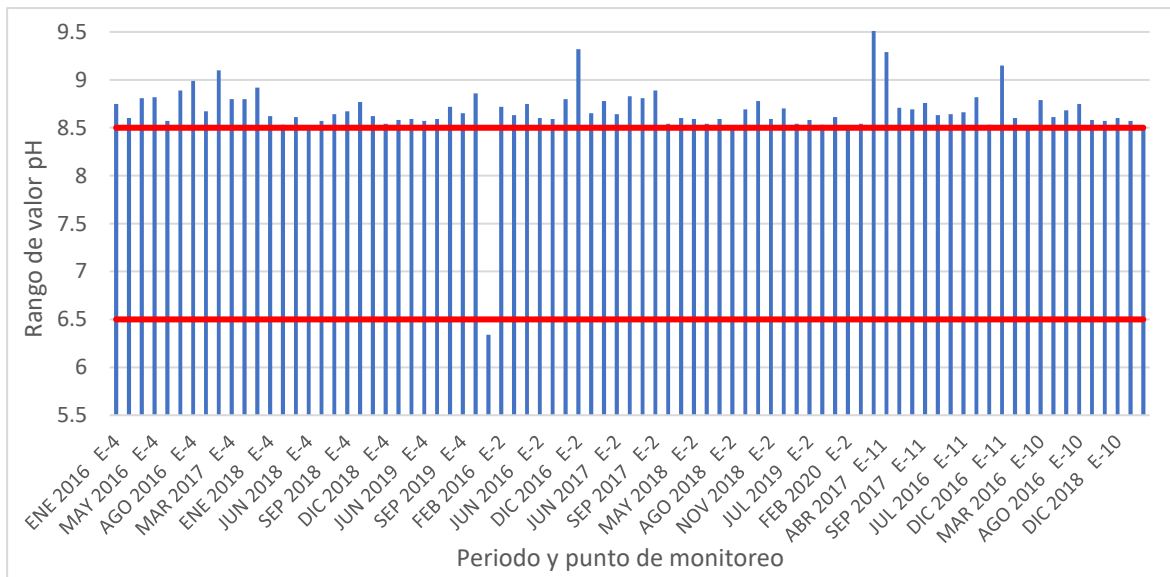


Figura 18

Concentración de pH 2016 – 2020 (Estiaje)

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (rango 6.5 – 8.5)

En el estudio, el pH en 81 de 232 datos, supera los valores de ECA de agua (rango 6.5 - 8.5. En la figura 18 se logra observar los valores más resaltantes, dentro de los que superan el valor 8.5 se encuentran en enero 2017 E-11 (10.7), diciembre 2016 E-2 (9.32), abril 2017 E-11 (9.29), diciembre 2016 E-11 (9.15), enero 2017 E-4 (9.1) y por debajo del valor 6.5 se encuentra enero 2016 (6.34).

f. Aluminio (Al)

De acuerdo con los valores de monitoreo realizado entre los años 2016 al 2020, todos los datos (232) no superaron el valor máximo de 5mg/l señalado en el ECA de agua.

g. Arsénico (As)

Conforme al monitoreo que se realizó en el año 2016 al 2020, no se evidencian valores que superen el ECA de As de 0.1 mg/l

h. Cadmio (Cd)

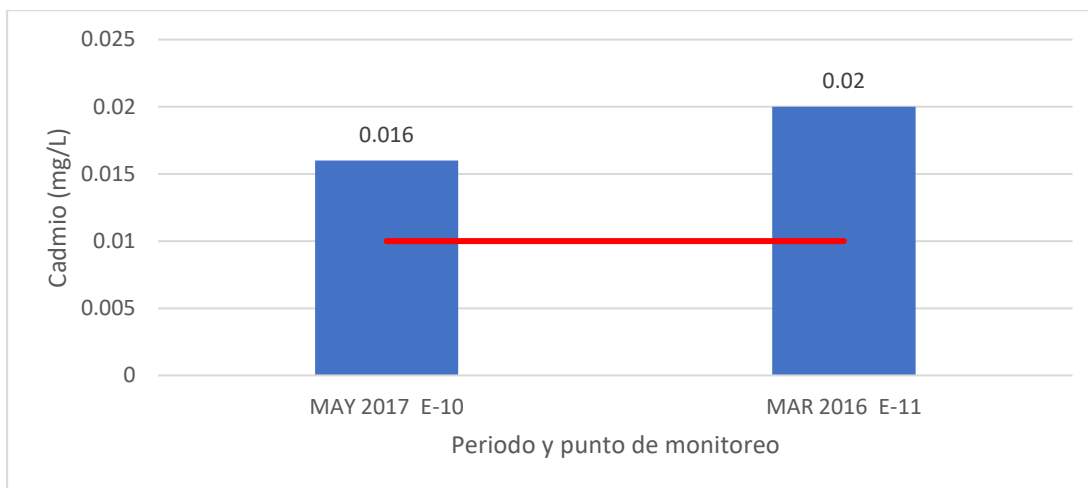


Figura 19

Concentración de Cadmio (Cd) en el E - 10. Año 2016 – 2020

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (0.01 mg/l).

La Figura 19 evidencia que el Cadmio supera el ECA de 0.01 mg/l en 2 de 232 datos.

i. Cobre (Cu)

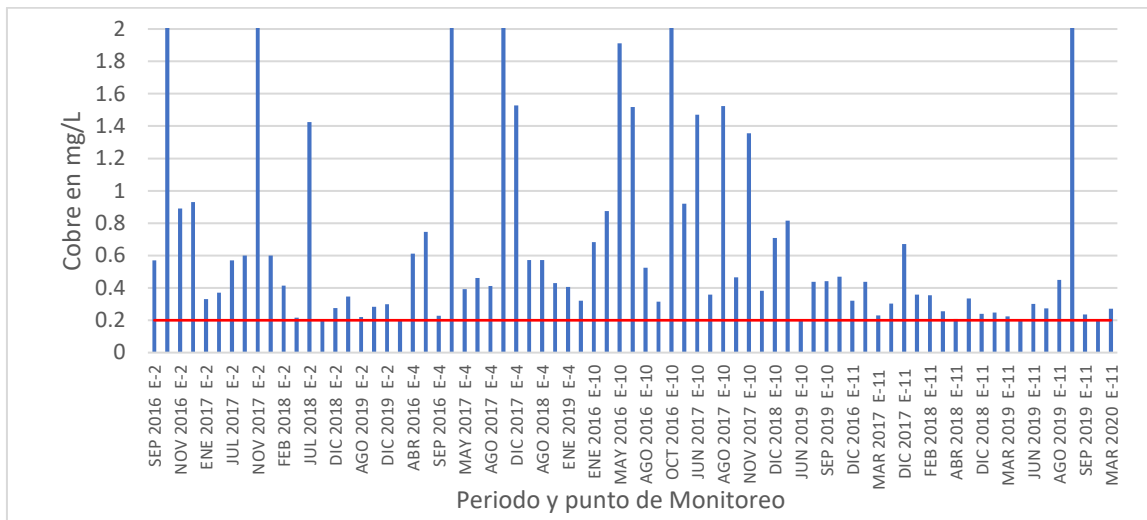


Figura 20
Concentración de Cobre (Cu). Año 2016 – 2020

La línea naranja representa el valor indicado por el ECA (0.2 mg/l).

La Figura 20 se muestran en que periodos y puntos de monitoreo han superado el valor ECA de Cu de 0.2 mg/l, siendo estas 75 de 232 datos; destacando las de mayor medida en noviembre 2017 E-2 (2237 mg/L), octubre 2016 E-2 (1299 mg/L) y octubre 2016 E-10 (5.15 mg/L).

j. Hierro (Fe)

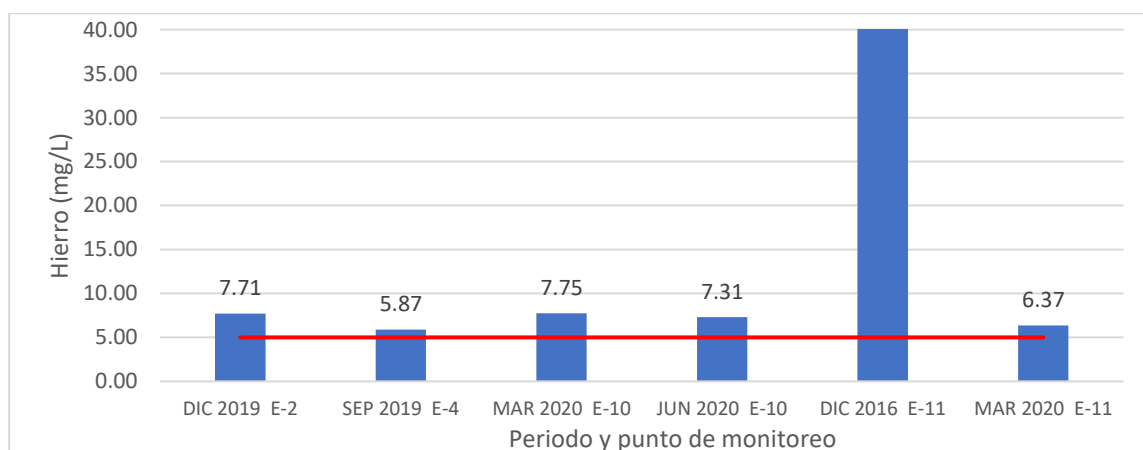


Figura 21
Concentración de Hierro (He). 2016 – 2020

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (5 mg/l).

La Figura 21 denota que las estaciones han superado el valor ECA de Fe de 6 mg/l son 25 de 232 datos.

k. Manganeso (Mn)

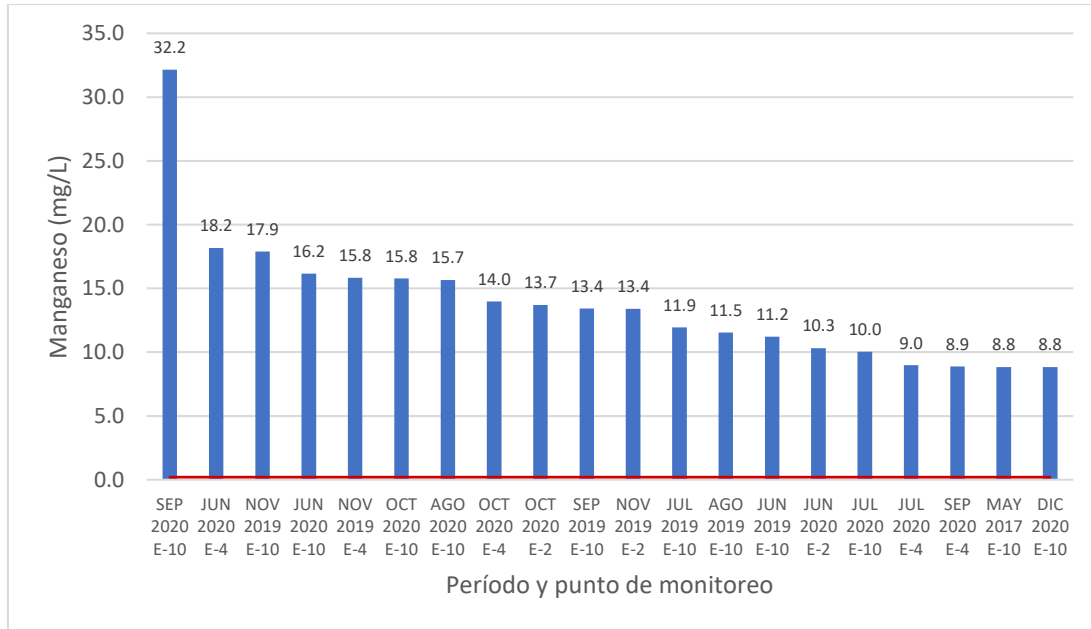


Figura 22

Concentraciones más altas de manganeso. 2016 – 2020

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (0.2 mg/L).

La Figura 22 se observa las 20 datos más resaltantes de Mn, debido a que se encontraron 210 de 232 datos en los que se supera el ECA de 0.2 mg/L.

l. Boro (B)

Con respecto al B, no se ha registrado niveles que superen el valor ECA de 1 mg/l, ya que en todas las muestras son menores de la unidad.

m. Plomo (Pb)

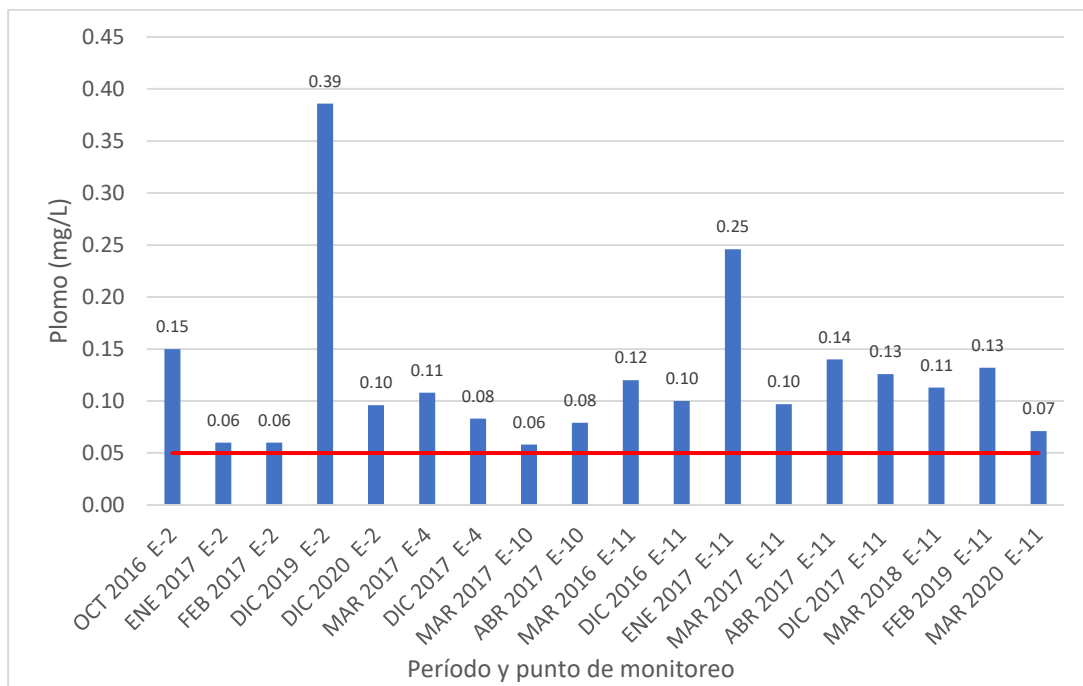


Figura 23

Concentraciones de Plomo. 2016 - 2020

La línea roja representa el valor indicado por el ECA (0.05 mg/l)

La Figura 23 se muestra las estaciones que se ha superado el valor ECA de Pb de 0.05 mg/l en 18 de 232 datos analizados.

5.4. Análisis espaciotemporal de metales pesados (Cu, Pb y Mn)

Los metales que más veces superaron el ECA de agua fueron el Cu, Pb y Mn, por ello se ejecutó un comparativo espacio temporal de dichos metales con respecto las épocas del año.

Se decidió separar los datos en época de estiaje (junio-octubre) y época de avenida (noviembre-mayo). Tal como se puede apreciar en las Figuras 24-35, las letras “A” y “E” en el eje X de las figuras significan “avenida” y “estiaje”, respectivamente, mientras que los números corresponden al mes del año analizado.

a. Estación E-4

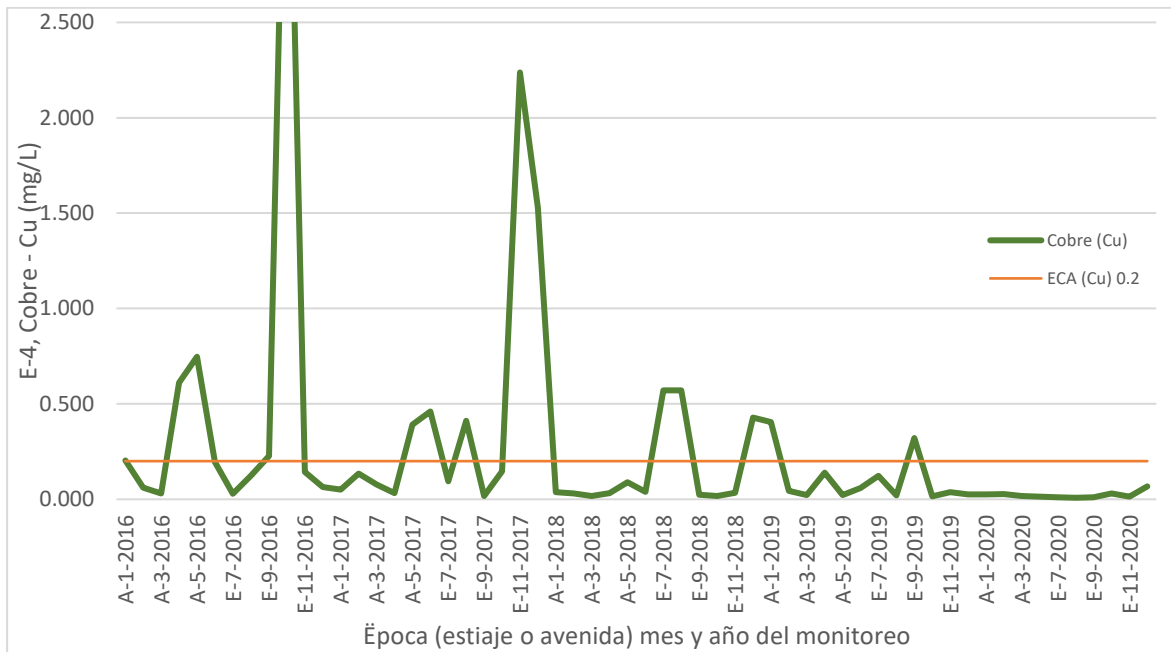


Figura 24

Variación de la concentración de Cobre en E-4, 2016 – 2020

La Figura 24 muestra que la concentración del Cu no está influenciada por las épocas de estiaje o avenida. Los valores más destacados son en E-10-2016 presenta un valor de 4.266, siendo el más elevado en la gráfica, seguido de E-11-2017 con 2.237 mg/L y E-12-2017 con 1.527 mg/L.

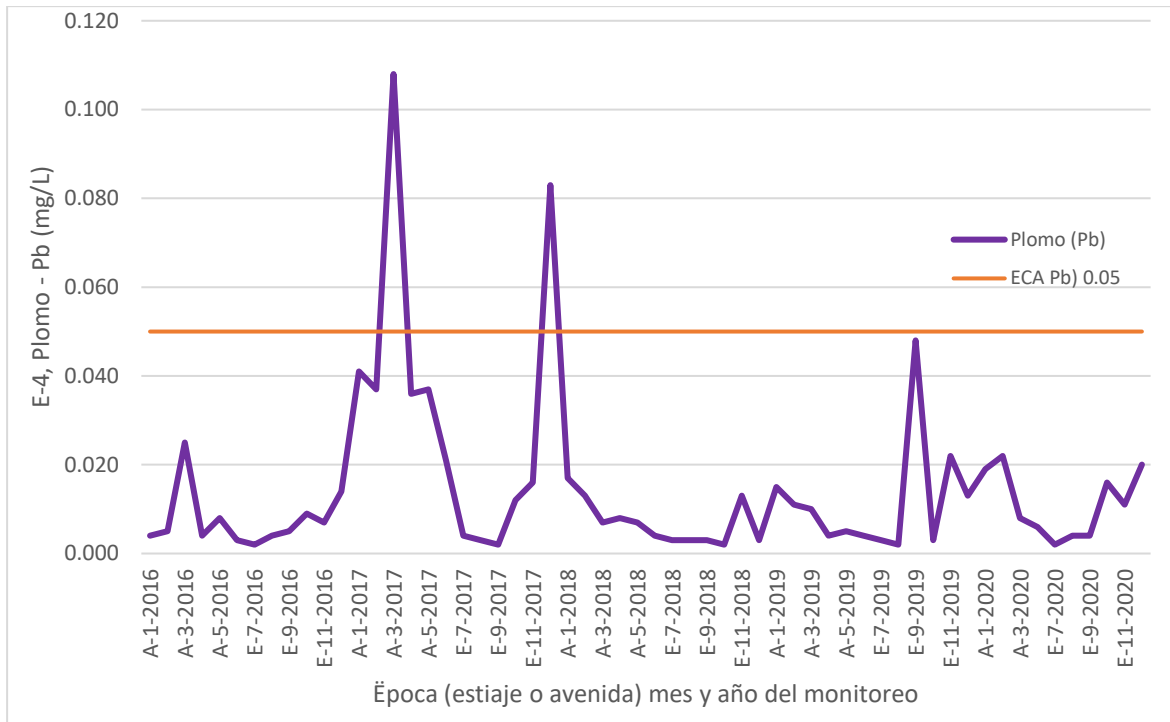


Figura 25

Variación de la concentración de Plomo en E-4, 2016 – 2020

La Figura 25 evidencia que la concentración de Pb tiende a disminuir en estiaje y tiende a aumentar en avenida. Esto se puede inferir que en la zona de estudio se tiene áreas con alto contenido de Pb, posiblemente por las actividades mineras aguas arriba, ya que se tiene la relavera de la empresa Volcán. Donde los valores más alto se dieron en A-3-2017 con 0.108 mg/L y en A-12-2017 con 0.083 mg/L.

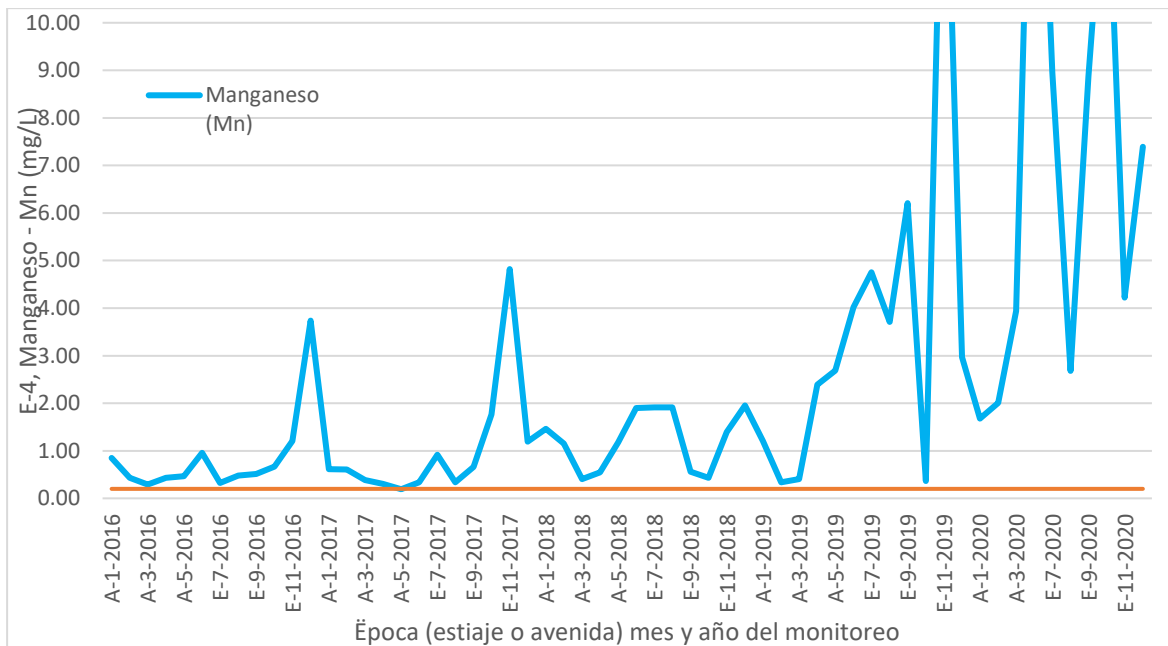


Figura 26

Variación de la concentración de Manganeso en E-4, 2016 – 2020

La Figura 26 resalta que la concentración de Mn tiende a aumentar en estiaje y a disminuir en avenida, lo que puede deberse a la presencia de vertidos que contienen Mn aguas arriba de la estación E-4. Donde se aprecia que los valores más altos se han dado en E-6-2020 con 18.17 mg/L, E-11-2019 con 15.83 mg/L y E-10-2020 con 13.98 mg/L. El posible origen de este elemento puede ocurrir debido que este mineral se encuentra de forma natural y por su combinación con el Fe. Además, se sabe que el Mn es un componente esencial para fabricar acero inoxidable, ya que es resistente a la corrosión.

b. Estación E-10

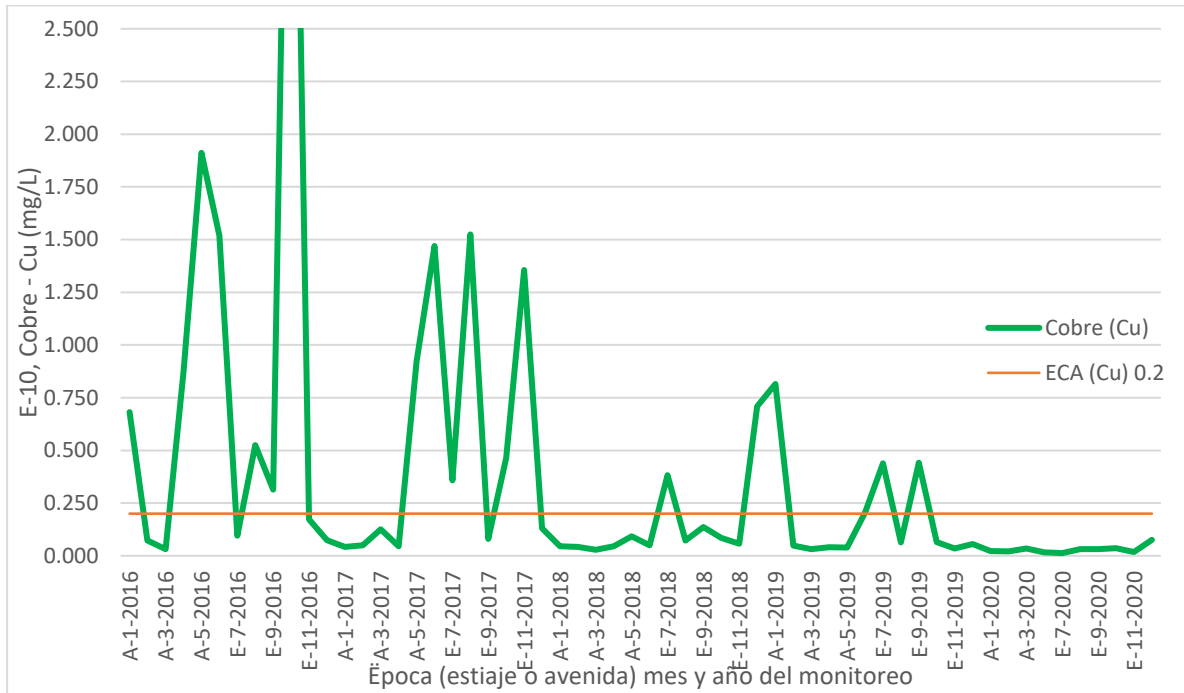


Figura 27

Variación de la concentración de Cobre en E-10, 2016 - 2020

La Figura 27 revela que las épocas de estiaje o avenida no influyen en la presencia del cobre. Donde se puede observar que los valores más resaltantes se encuentran en E-10-2016 con una cantidad de 5.150 mg/L, A-5-2016 con 1.912 mg/L y E-8-2017 con 1.524 mg/L.

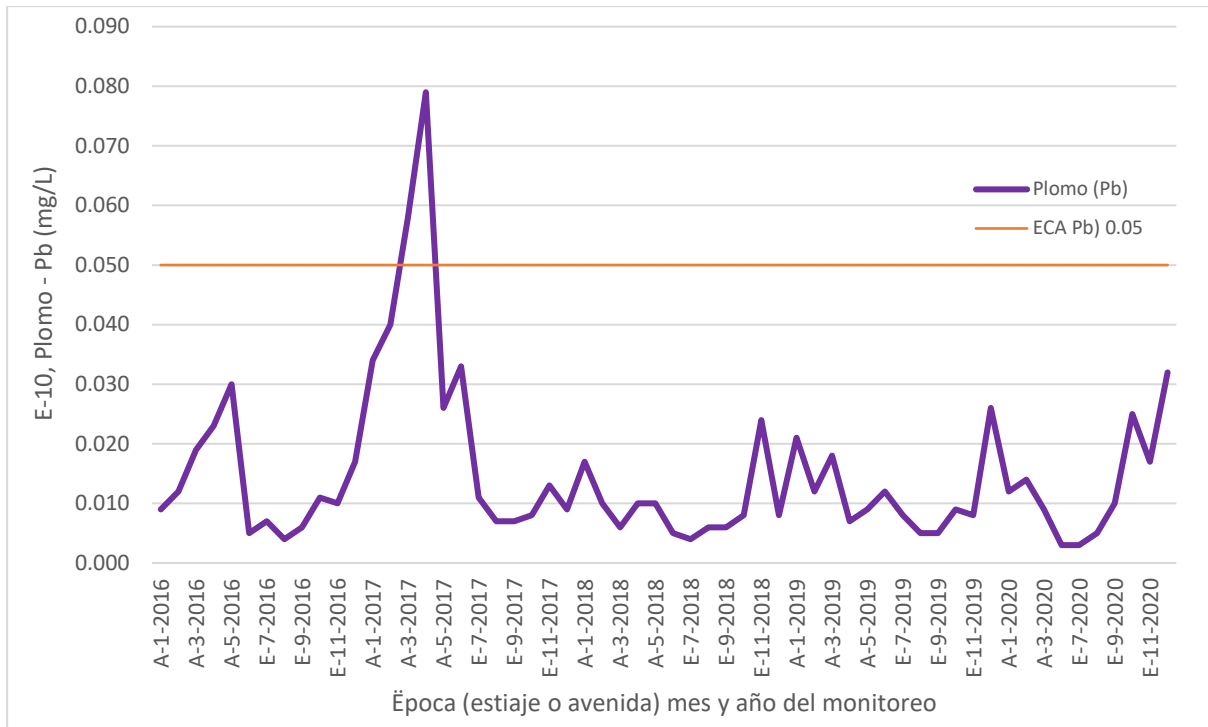


Figura 28

Variación de la concentración de Plomo en E-10, 2016 - 2020

La Figura 28 evidencia que la concentración de Pb tiende a disminuir en estiaje y tiende a aumentar en avenida. Donde los valores más resaltantes se encuentran en el periodo A-4-2017 con una concentración 0.079 mg/L y A-3-2017 con 0.058 mg/L.

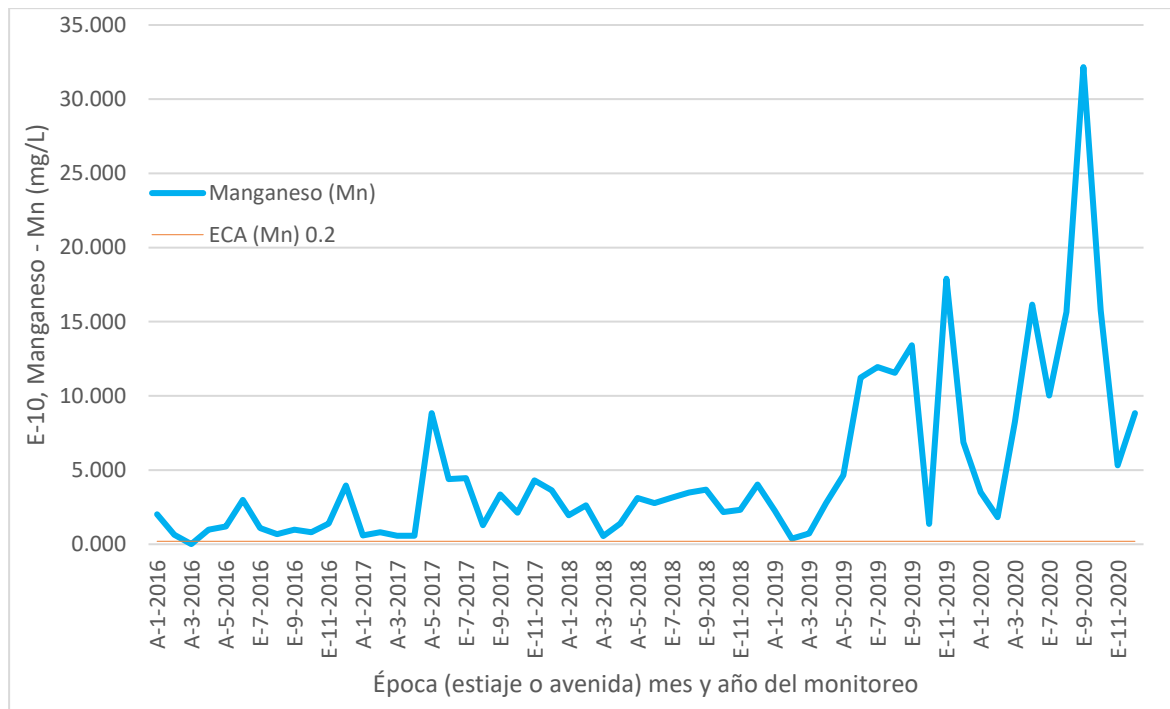


Figura 29

Variación de la concentración de Manganeso en E-10, 2016 - 2020

La Figura 29 muestra que la concentración de Mn tiende a aumentar en estiaje y a disminuir en avenida. Donde los valores más relevantes se ubican en los periodos E-9-2020 con una concentración de 32.161 mg/L, E-11-2019 con 17.891 mg/L y E-6-2020 con 16.162 mg/L.

c. Estación E-11

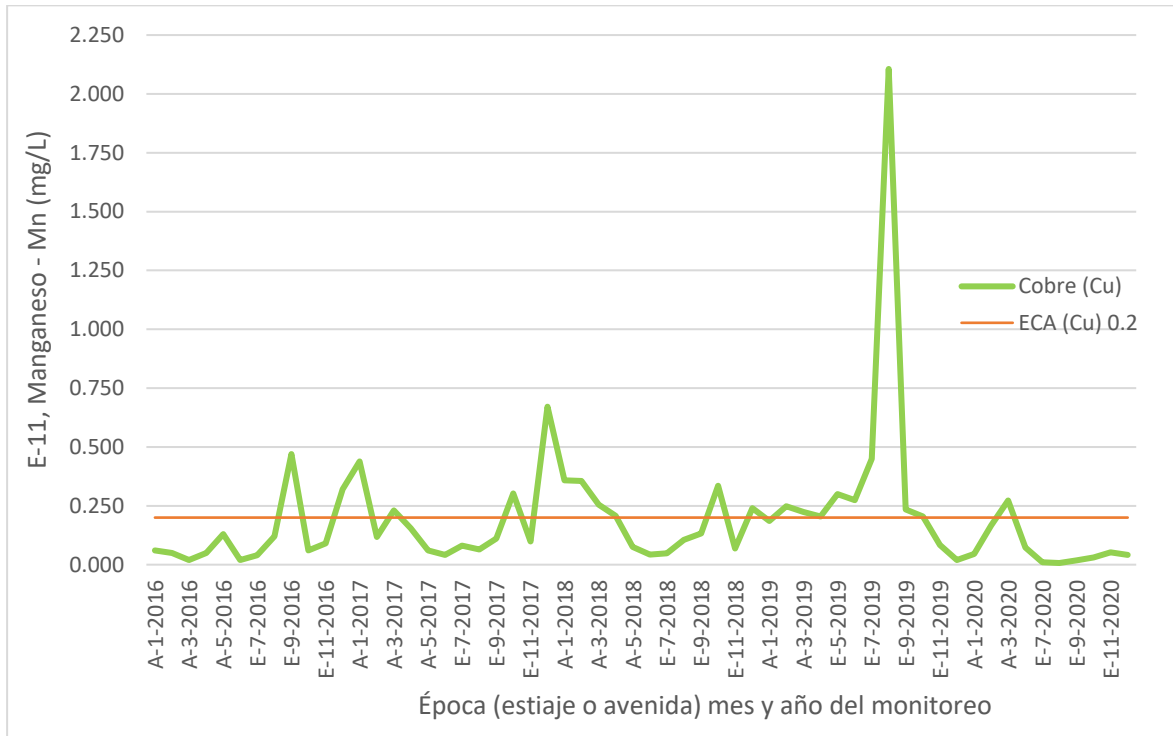


Figura 30

Variación de la concentración de Cobre en E-11, 2016 - 2020

La Figura 30 se aprecia que las estaciones de estiaje y avenida no influyen en la concentración de Cu. Donde los puntos más resaltantes se ubican en el periodo E-8-2019 con una concentración de 2.106 mg/L, en A-12-2017 con 0.671 mg/L y en E-9-2016 con 0.470 mg/L.

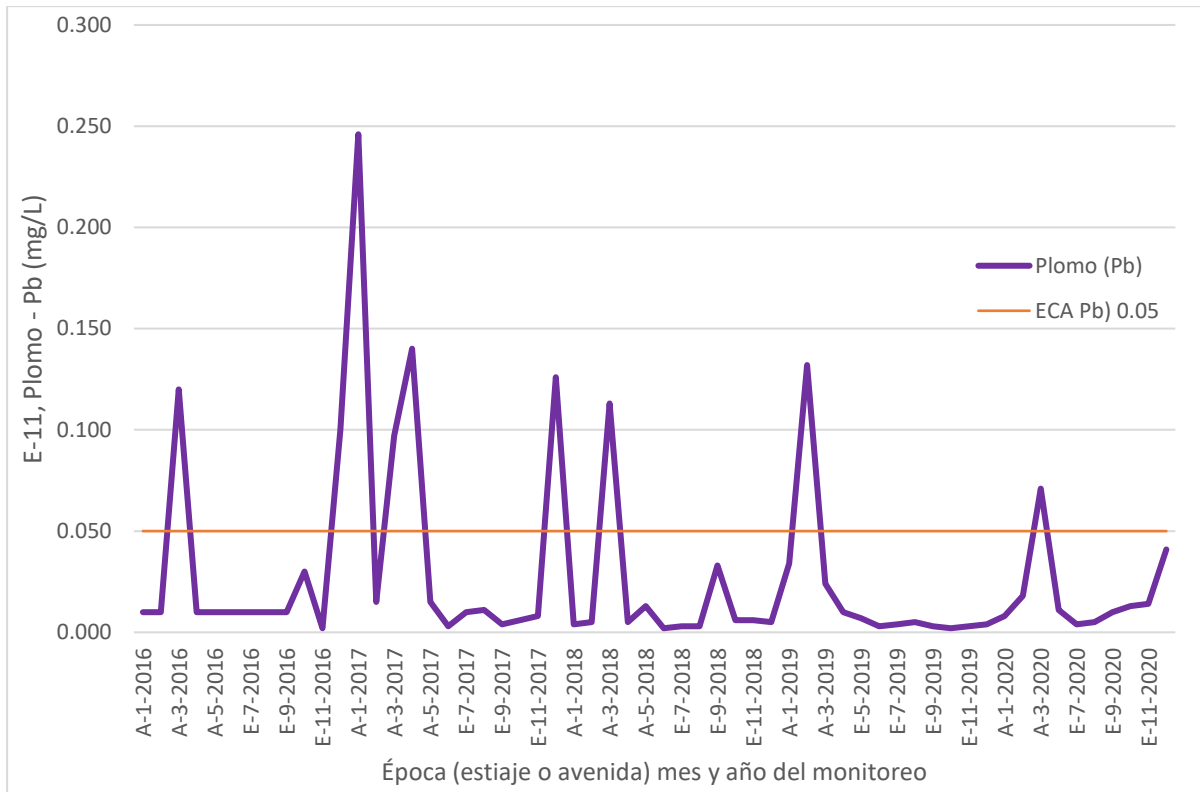


Figura 31
Variación de la concentración de Plomo en E-11, 2016 - 2020

La Figura 31 revela que la concentración de Pb tiende a aumentar en época de avenida. Donde se evidencian los datos más elevados en los periodos de A-1-2017 con una medida de 0.246 miligramos por litro, A-4-2017 con 0.140 mg/L y A-2-2019 con 0.132 mg/L.

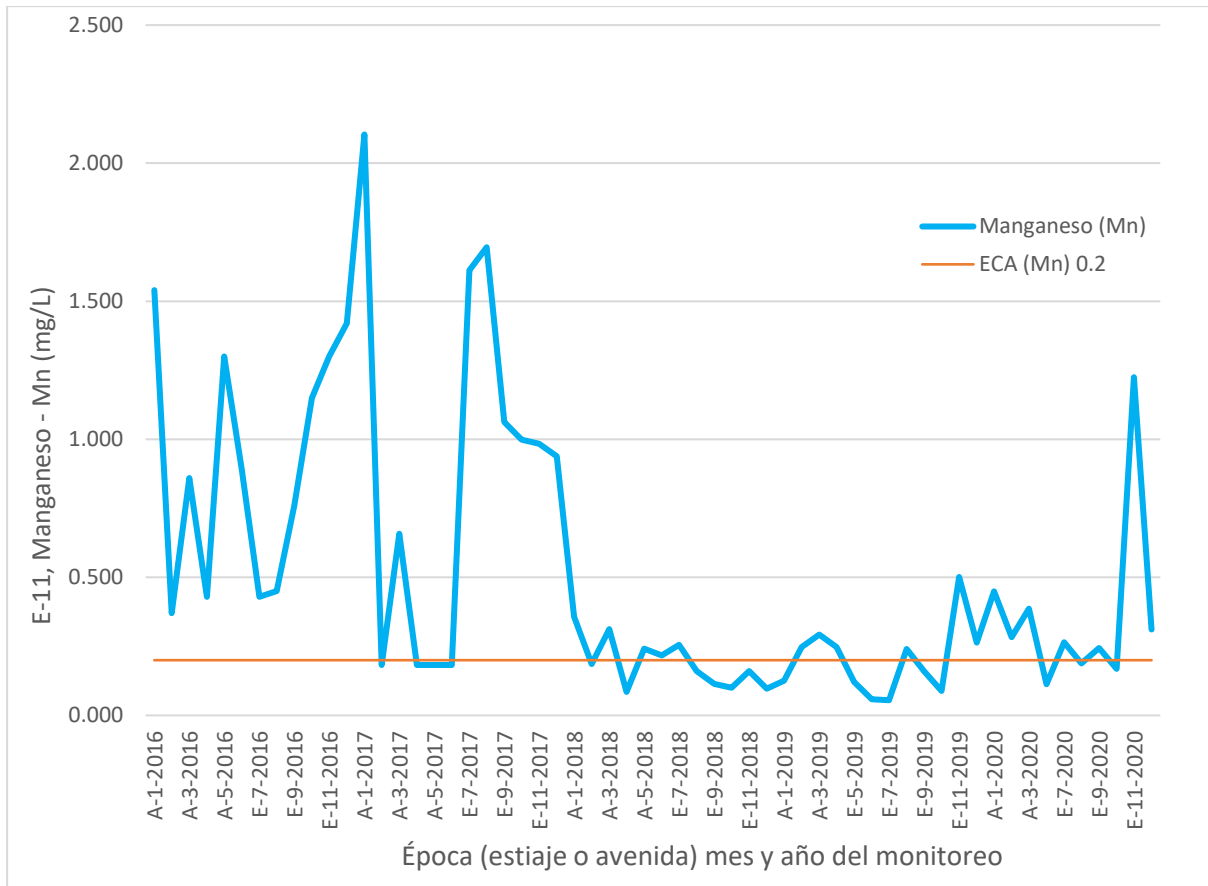


Figura 32

Variación de la concentración de Manganeso en E-11, 2016 – 2020.

La Figura 32 muestra que la concentración de Mn en la Estación E-11 tuvo una tendencia creciente en época de estiaje. Donde los valores más relevantes se ubican en los periodos A-1-2017 con una concentración de 2.104 mg/L, en E-8-2017 con 1.695 mg/L y E-7-2017 con 1.612 mg/L.

d. Estación E-2

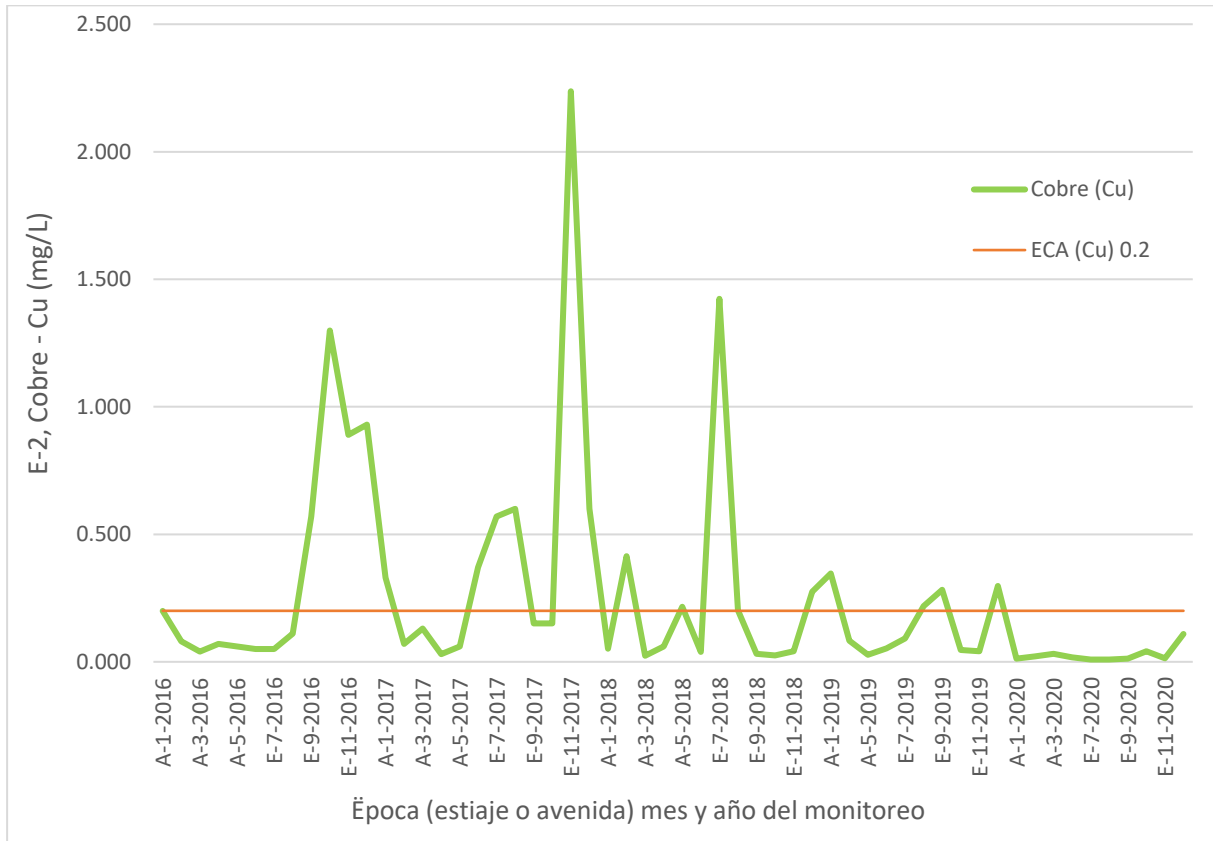


Figura 33

Variación de concentración de Cobre en E-2, 2016 - 2020

La figura 33 evidencia un aumento de la concentración de Cu en épocas de estiaje. Donde los valores más relevantes se ubican en los periodos de E-11-2017 con una concentración de 2.237 mg/L, en E-7-2018 con 1.424 mg/L, en E-10-2016 con 1.299 mg/L.

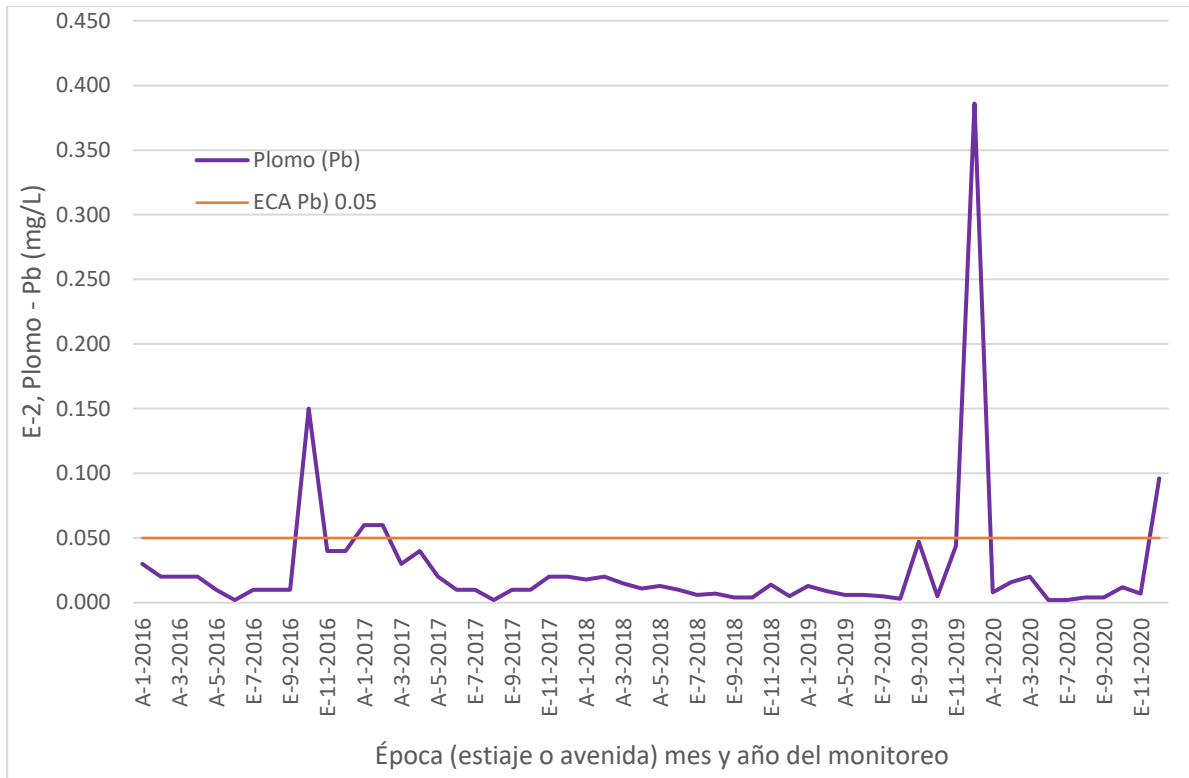


Figura 34
Variación de la concentración de Plomo en E-2, 2016 - 2020

La Figura 34 se percibe que el contenido de Pb en esta ocasión no se ve marcada por alguna época en específico. Los valores más relevantes se ubican en los periodos A-12-2019 con una concentración de 0.386 mg/L, en E-10-2016 con 0.150 mg/L y en A-12-2020 con 0.096 mg/L.

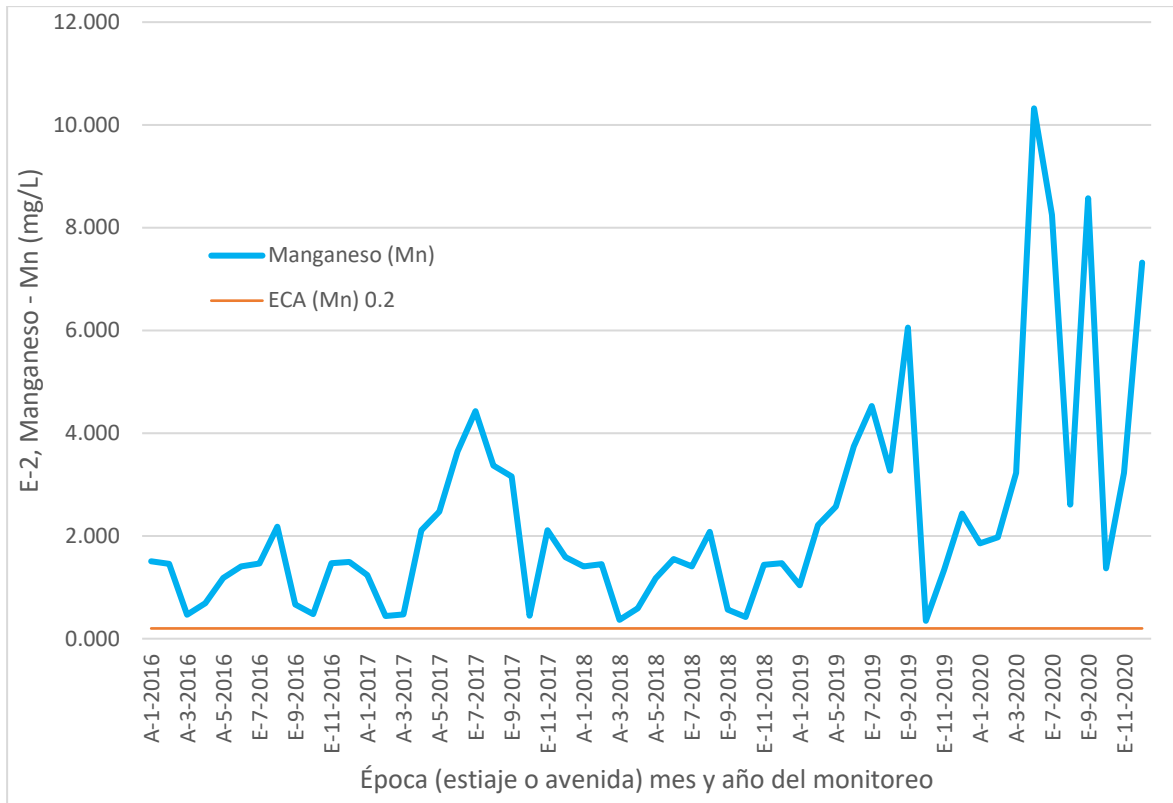


Figura 35
Variación de la concentración de Manganeso en E-2, 2016 - 2020

La figura 35 revela que existe un incremento de la concentración de Mn en época de estiaje. Donde los valores más relevantes se ubican en los periodos de E-6-2020 con una composición de 10.322 mg/L, en E-9-2020 con 8.575 mg/L y en E-7-2020 con 8.251 mg/L.

5.5. Correlación entre parámetros fisicoquímicos y metales pesados

Mediante el programa estadístico R, se analizaron los coeficientes de correlación de Pearson con nivel de probabilidad 0.01, comparando las épocas de estiaje y avenida.

a. Interpolación con época de avenidas

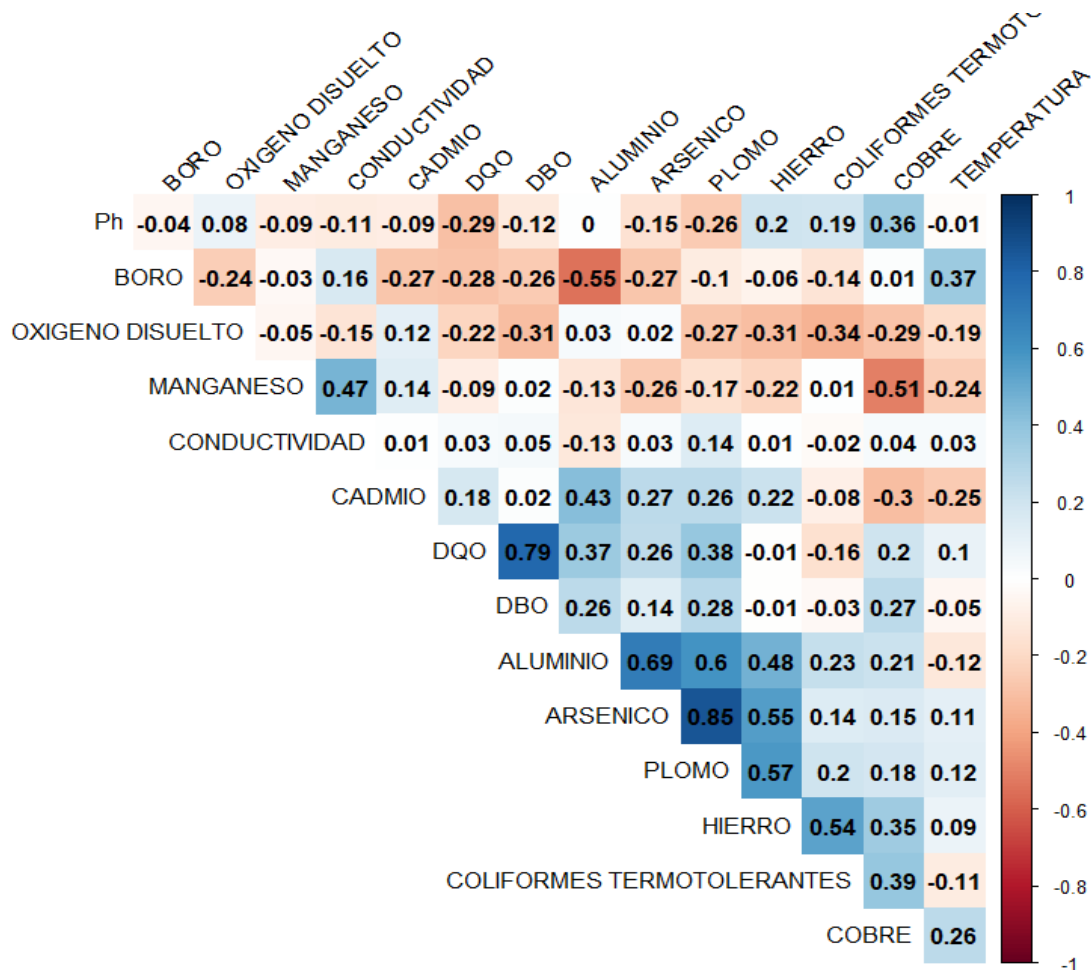


Figura 36

Correlación de datos interpolados en matriz de Pearson - Época de avenida.

La Figura 36 muestra que las correlaciones inversas más destacadas para la época de avenida se dan entre B-Al (-0.55) y Mn-Cu (-0.51).

Por otro lado, las correlaciones directas más relevantes para la época de avenida se dieron entre Pb-As, con un indicador de 0.85; DQO-DBO, con un indicador 0.78; Al-As, con un indicador de 0.69.

b. Interpolación en época de estiaje

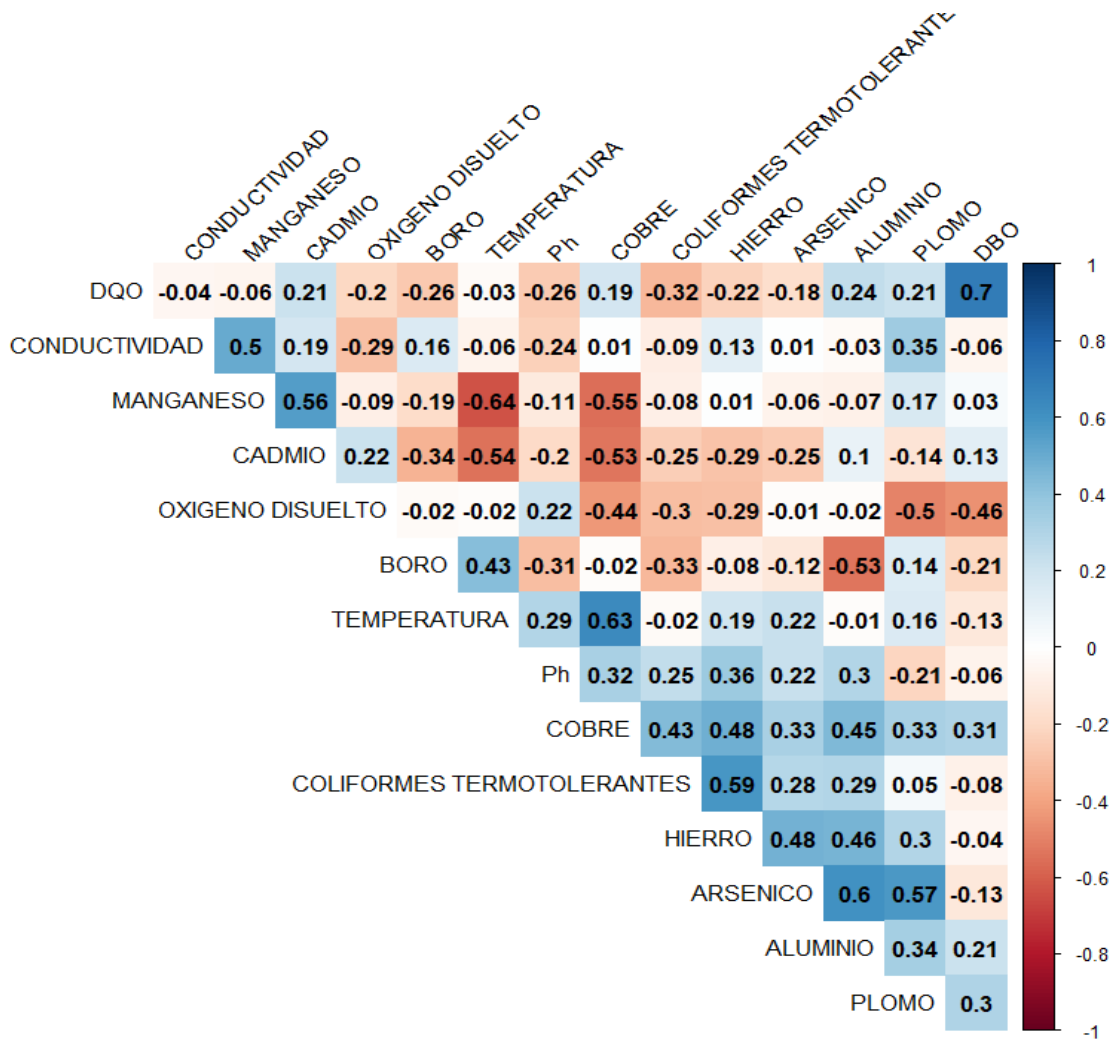


Figura 37

Correlación de datos interpolados en matriz de Pearson - Época de estiaje

La Figura 37 revela que las correlaciones inversas más resaltantes para la época de estiaje se dieron entre Mn-Temperatura (-0.64), Mn-Cu (-0.55), Cd-Temperatura (-0.54), Cd-Cu (-0.53) y B-Al (-0.53).

Además, las correlaciones directas más destacadas para la época de estiaje fueron DQO-DBO (0.7), Temperatura-Cu (0.63), As-Al (0.6), As-Pb (0.57) y Coliformes Termotolerantes-He (0.59), de acuerdo con sus indicadores, obtuvieron un nivel medio, con indicadores mayores que 0.5.

c. Correlación con datos mensuales

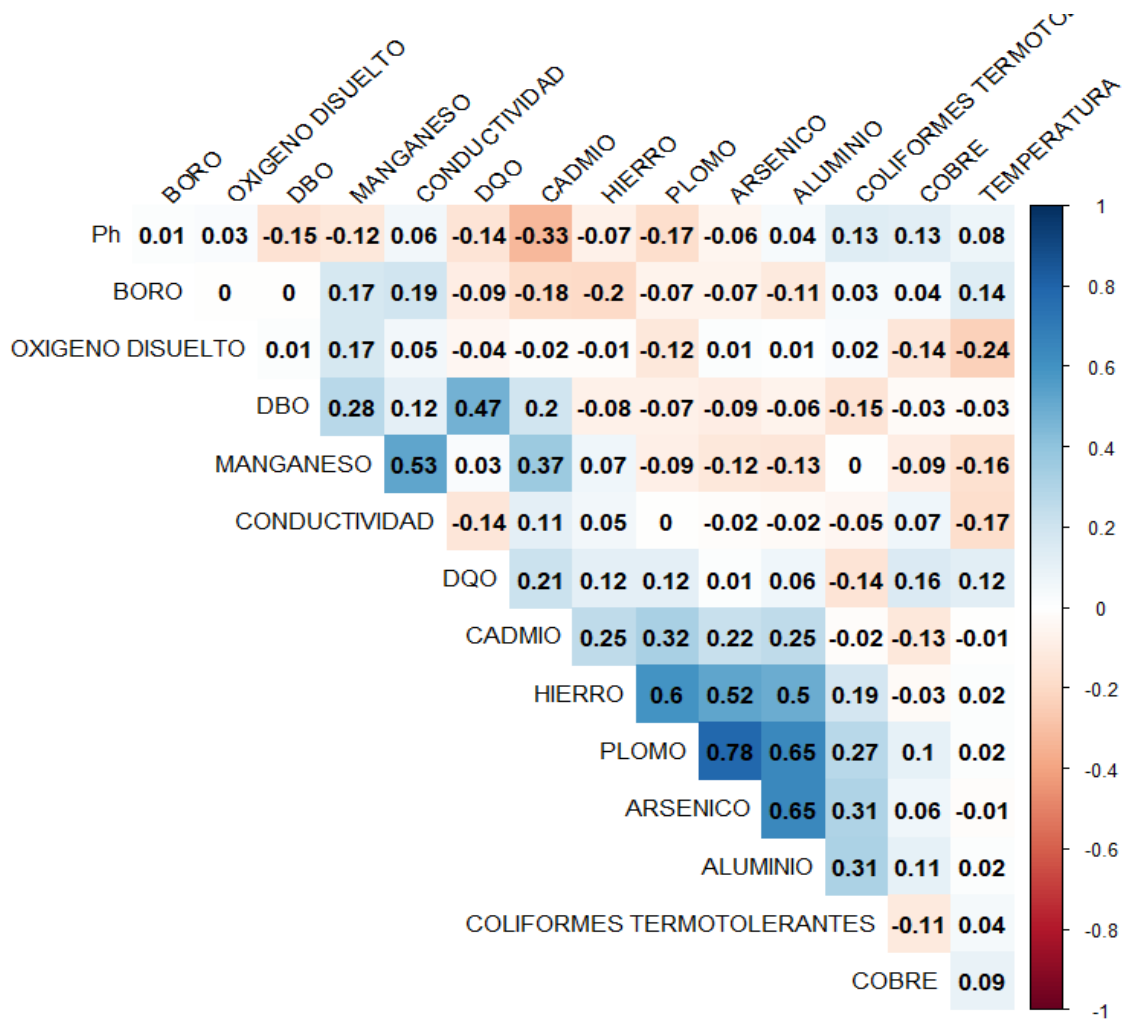


Figura 38
Correlación de datos totales en matriz de Pearson

La Figura 38 muestra la correlación de valores sin separar por estación. Se identificó que las relaciones más destacadas son las directas, como Pb-As (0.78), Pb-Al (0.65), As-Al (0.65) y Mn-Conductividad (0.53), además de Fe-Pb (0.6), Fe-As (0.52) y Fe-Al (0.5) ya que los metales son contaminantes conservativos, por lo que no se degradan.

VI. DISCUSIÓN

Con respecto a los valores ICARHS, las estaciones de monitoreo E-10 y E-11, exhiben una calidad de agua “regular” en cuatro de los cinco años evaluados. Por otro lado, en la estación de monitoreo E-7, se aprecia que se mantiene una clasificación “pésima” a mala a lo largo de todo el estudio. Este suceso se da mayormente debido a la presencia de la ganadería y/o del residuo ambiental de material sedimentario del río San Juan, lo que afecta el cuerpo de agua receptor (Sociedad Minera El Brocal S.A.A., 2019).

La calidad de agua del río San Juan (en el tramo de 12.65 km) es influenciada de actividades antropogénicas en el período 2016-2020 ya que evidencia la presencia de contaminación de coliformes termotolerantes, lo que puede ser atribuido a las actividades de ganadería cercanas al río San Juan y las descargas de aguas servidas por parte de las comunidades cercanas al río.

Como lo menciono Bautista Baygorrea (2021), en la parte superior de la cuenca del río San Juan, en donde evaluó el grado de impacto de la calidad del agua por los efluentes vertidos. Mediante el registro de datos y análisis documentario se recogió la información, de lo que en síntesis se concluyó en lo siguiente: “apreciando que la zona es muy mineralizada por un yacimiento coniforme, donde abunda plomo, zinc, plata y cobre, y las aguas presentan alteraciones debido a los vertimientos existentes en la zona, con parámetros físico-químicos variados en casi todas las estaciones, salvo la E2 y, específicamente, para el caso de oxígeno disuelto; además de la presencia de metales en todos los casos, debido a la alta mineralización de la zona y la mala gestión de las empresas en lo que a tratamiento de efluentes refiere”.

Chirinos Málaga (2022), usó datos de históricos de parámetros de calidad de agua de los informes de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de 2012 a 2018 para evaluar la calidad del agua del río San Juan utilizando el Índice de Directrices Canadienses sobre la calidad del agua para toda la protección de la vida acuática (CCME WQI) y el Índice de Metales Pesados (HPI). En donde determino que para la parte superior de la cuenca del río San Juan recibió una calificación de "muy buena", la parte media recibió una calificación de "pobre" y para la parte inferior dio una calificación primariamente de marginal a regular. Esto permitió la cuantificación global de la contaminación en cada punto de monitoreo a lo largo del río San Juan.

Por otro lado, se pudo apreciar que el oxígeno disuelto no cumple con el valor mínimo determinado en el ECA. Una de las causas es la altitud de la zona de estudio, que se encuentra entre los 4200 a 4350 m.s.n.m. Asimismo, la alta concentración de coliformes termotolerantes contribuye a la disminución del oxígeno disuelto. Dicha presencia se puede verificar desde la parte inicial del tramo entre las estaciones de monitoreo E7 al E10 debido a las actividades antropogénicas que se desarrollan aguas arriba, como piscicultura de trucha, la ganadería de propiedad de la comunidad de Sacrafamilia y las actividades mineras informales. De igual forma, en el caso de pH, no se cumple lo establecido en 22 casos analizados, esto se debe a la actividad de explotación de canteras de cal que se encuentran aguas arriba de los puntos de monitoreo que son de propiedad de la comunidad de Sacrafamilia, volviendo el agua del río con propiedades alcalinas.

Cabe resaltar que, después de la estación E-10, existe una descarga de agua proveniente de la central hidroeléctrica de Jupayragra, que es de propiedad de Sociedad Minera El Brocal, el agua proviene de la Laguna Pun Run. Gracias a esto, existe una mezcla de agua de dos cuerpos, modificando así la calidad de agua

desde el punto de monitoreo E-10 hasta el punto de monitoreo E-2. Por otro lado, se tiene la descarga de la planta de tratamiento de agua doméstica. Dichos efluentes provienen de las oficinas de la planta concentradora de mineral de SMEB. La calidad de la descarga se monitorea de forma mensual en la estación E-11, cuyos valores de muestra se encuentran dentro los Límites Máximos Permisibles aprobados mediante el D.S. N° 010-2010-MINAM (Sociedad Minera El Brocal S.A.A., 2019).

La presencia de Mn disuelto en el agua sucede de manera natural y su procedencia puede ser de forma subterránea o un cuerpo mineralizado (Carbotecnia, 2023). En este caso, se asocia con la formación calera (unidad litoestratigráfica), que son rocas sedimentarias que está compuesta por dolomitas margosas, arcillitas con margas y calizas con abundante chert. Esta formación geológica corresponde a la edad del Eoceno (34 a 55 millones de años), presenta mantos de mineralización que dan lugar a un yacimiento polimetálico y dentro de ellas está asociado el Mn; además, esta formación geológica se encuentra aflorando en superficie en contacto con la naturaleza (Sociedad Minera El Brocal S.A.A., 2019). Esto se incrementa en época de avenida gracias a las constantes lluvias, por lo que el lavado de rocas se hace constante, contribuyendo a su mayor presencia en el entorno.

Asimismo, en el estudio se menciona que existe una alta concentración de Cu, Pb y Zn debido a la fuerte mineralización presente por los depósitos de minerales existentes, como los yacimientos de pórfidos de cobre, conocidos mayormente como depósitos cordilleranos. Este acontecimiento, respecto a la evaluación espacio-temporal de metales pesados y calidad de agua del Río San Juan se caracteriza fundamentalmente por la existencia de partes internas dominadas por Cu y zonas externas donde hay presencia de Zn, Pb y Ag.

Como lo indicó Paz Valenzuela (2016), investigó sobre el impacto geoambiental generado por la minería al río San Juan, determinando que la causa principal es la actividad minera que opera en la zona. Concluyendo que los límites máximos permisibles superan lo establecidos en la norma, encontrando presencia de cobre, plomo, hierro y zinc; ya que el río Ragra se encuentra contaminados, siendo este uno de los principales aportantes del río San Juan; teniendo presencia de plomo como componente principal en zona de estudio.

Seguido de Morales García (2018), estudió los niveles de metales pesados (As, Cd, Cr, Pb, Se) en el río Guastaloya, en El Progreso, Guatemala, para determinar la presencia de dichos elementos en los puntos de muestreo, haciendo uso de equipos de laboratorio convencionales y el espectrofotómetro. Se determinó que durante el verano la concentración de metales pesados era más alta que durante el invierno. Por ende, el consumo de agua no era apto durante esa época.

Los metales pesados pueden tener su origen en fuentes naturales, como minerales metálicos derivados de la roca madre o de volcanes. No obstante, la mayor parte de los metales pesados presentes en el agua son resultado de actividades humanas, tales como la minería y la industria, que producen desechos como el Pb, Hg, Cd, As y Cr (Covarrubias & Peña Cabriales, 2017). Algunos metales pesados, como el As, Cd, Pb y Hg, no son necesarios para las actividades biológicas y simplemente son perjudiciales (Baeza Gómez, 2016). Se menciona que los metales que han superado al ECA son el Cu, Pb y Mn, como se pueden verificar en los datos del anexo 10.4. Dichos metales pesados pueden resultar tóxicos tanto para los humanos como para los ecosistemas acuáticos.

Bajo ese contexto, existen varias técnicas para eliminar los metales pesados del agua, incluyendo la precipitación química, la adsorción, la ósmosis inversa, y la electrodiálisis. Sin embargo, estos métodos pueden ser costosos y generar residuos secundarios (Ministerio del Ambiente, 2010).

La relación directa entre Fe y Cu con coliformes termotolerantes, que se aprecia en los resultados de correlación en épocas de avenida y estiaje, se puede deber por la lixiviación o corrosión de los conductos de grifería destinadas al transporte de aguas (Sancha & Lira, 2002). Además, en la zona de estudio existen distintos vertederos de aguas servidas, las cuales son transportadas hacia el río por tuberías fabricadas a base de Fe y Cu.

VII. CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos en el análisis ICARHS durante el periodo 2016 al 2020, la calidad del agua del río San Juan en el tramo entre las estaciones de monitoreo E-7 al E-10 varía de una clasificación “pésimo a “regular”.
- Mediante el mismo análisis, se concluyó que la calidad de agua del tramo E-10 al E-4 en los años 2017, 2019 y 2020 va de “regular” a “malo”, con excepción los años 2016 y 2018, ya que el punto E4 mantuvo su calificación “regular”.
- De acuerdo con el análisis de la metodología ICARHS, el tramo final del río en el punto E-2 tiene una calidad de agua que varía entre pésimo, regular y malo; el punto E-11, agua de la quebrada Andacancha, tiene una calidad mayormente regular y esta confluye sus aguas con el río San Juan antes de la estación E-2. No obstante,

según, el quinto informe técnico sustentatorio, la descarga de la PTARD se cumple con las medidas ambientales establecidas. Entonces, la baja calidad de agua al final de la zona de estudio se debería a la influencia de la geología local del área de estudio, mantenido una condición entre malo y regular, lo que sería el influyente principal para la reducción de calidad de hídrica del río San Juan en el tramo final mencionado.

- La presencia de los coliformes termotolerantes supera a los establecido al estándar de calidad ambiental de agua. Desde julio del 2016, se tiene datos que superan largamente el mínimo de 1000 NMP/100 ml, destacando el resultado más crítico en septiembre del 2017, con 46 000 NMP/100 ml; es decir, existe contaminación del agua, debido al vertimiento de aguas servidas de las comunidades cercanas a las estaciones de monitoreo.
- En la zona de estudio se tienen yacimientos mineros de Cu, Mn y Pb, por lo que, en época de avenida, hace que se aumente el contenido de estos metales por la escorrentía del agua de las lluvias. En consecuencia, la calidad del agua del río San Juan se ve influenciada debido a las actividades antropogénicas desarrolladas aguas arriba y además por las formaciones geológicas de su entorno.
- La presencia de metales pesados del agua en cuatro puntos de monitoreo del río San Juan durante las épocas de estiaje y avenidas no muestran valores considerables, salvo en el caso de Mn, el cual ha tenido un comportamiento de correlación directamente

proporcional con la conductividad en época de avenida, mientras que en tiempo de estiaje ha mantenido un comportamiento de correlación indirectamente proporcional con la temperatura del agua.

VIII. RECOMENDACIONES

- Continuar con trabajos de investigación en el río San Juan, dado que esta investigación surgió a partir de conocer sobre el manejo de la calidad de agua por parte de Sociedad Minera El Brocal.
- Contemplar el uso de los modelos espaciales como fuente de generación de datos a partir del uso métodos de interpolaciones, como herramientas útiles en el monitoreo de aguas superficiales
- Profundizar en la investigación de la relación temperatura del agua con la presencia de metales como Mn y Cu.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Romo, M. (2001). *ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES (DBO 5) Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-028-1981)*.

Andrade Chunga, E. M., & Ponce García, W. D. (2016). *DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CARRIZAL DEL CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ.

Aragón Hernández, J. L., Aguilar Martínez, G. A., Velázquez Ríos, U., Jiménez Magaña, M. R., & Maya Franco, A. (2019). Distribución espacial de variables hidrológicas. Implementación y evaluación de métodos de interpolación. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(2), 1–15.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.023>

Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2018). *Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, Aplicado a los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales*. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._068-2018-ana.pdf

Baeza Gómez, E. (2016). *Calidad del Agua*.

Bautista Baygorrea, M. (2021). *ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR EFLUENTES MINEROS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN JUAN*,

CERRO DE PASCO, 2020 [Universidad Nacional Federico Villareal].

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5355>

Camacho Vargas, M. D. (2018). *EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TINCO, PROVINCIA YAUYOS, DEPARTAMENTO LIMA*". Universidad Científica del Sur.

Carhuas Mauricio, R. M. (2019). *Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de las aguas superficiales del río San Juan afectadas por la empresa minera El Brocal S.A.-2019*. UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.

Chirinos Málaga, C. E. (2022). *ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA Y CONTENIDO DE METALES PESADOS EN EL RÍO SAN JUAN, CERRO DE PASCO*". Universidad Nacional Agraria La Molina.

Consortio Agua Azul. (2018, January 2). *DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA*. Noticias. <https://www.caa.com.pe/noticia-detalle.php?item=1#:~:text=El>

Covarrubias, S. A., & Peña Cabriales, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33, 7–21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>

DIGESA. (2012). *GUÍA GENERAL DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA*.

Duque Martínez, J. S. (2015). *Comparación Estadística de Métodos Interpolación Determinísticos y Estocásticos para la generación de Modelos Digitales del Terreno a partir de datos LIDAR, en la parroquia de Tumbabiro, cantón San Miguel de Urucuquí, provincia de Imbabura*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - Colegio de posgradost.

Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 51(2), 70–73.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>

Hernandez Angulo, L. R. (2020). *Modelación de metales pesados en ríos. Caso de estudio: Cuenca baja del río Cesar*. Universidad de los Andes.

Juárez, H. (2012). *Contaminación del Río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana*.

Laino-Guanes, Rafaela, Suárez-Sánchez, ;, Juan, González-Espinosa, ;, Mario, Musálem-Castillejos, ;, Karim, Ramírez-Marcial, ;, Neptalí, Bello-Mendoza, ;, Ricardo, Jiménez, ;, & Francisco. (2017). MODELACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO y EL MOVIMIENTO DE NUTRIENTES UTILIZANDO WEAP: LIMITACIONES PARA MODELAR LOS EFECTOS DE LA RESTAURACIÓN FORESTAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO GRIJALVA. In *Aqua-LAC* (Vol. 9).

Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y

ANIMAL. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145.

[https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)

Mayarí Navarro, R., Espinosa Lloréns, Ma. del C., & Gutiérrez Marcelina Ruiz, J.

(2005). Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda

Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales. *Revista CENIC*

Ciencias Químicas, 36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511015>

Ministerio del Ambiente. (2010). *COMPENDIO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL*

PERUANA - MARCO NORMATIVO GENERAL (Volumen I).

www.minam.gob.pe

Morales Garcia, L. S. (2018). *Estudio exploratorio de los niveles de metales*

pesados (As, Cd, Cr, Pb, Se) en el río Guastatoya, departamento de El

Progreso". UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., & Rendón, J. (2012).

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN PARA LA

GENERACIÓN DE MAPAS DE RUIDO EN ENTORNOS URBANOS. *Ing.*

USBMed, 3(1), 62–68.

Navarro Pezo, J. I. C. (2022). *“TIEMPO DE TRATAMIENTO DE UN SISTEMA DE*

ELECTROCOAGULACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA

BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(DBO) Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

(DQO) DE LOS EFLUENTES GENERADOS EN LA PTARI DE

AGROPECUARIA ROSSEL S.R.L. UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI.

Paz Valenzuela, E. (2016). *IMPACTO GEOAMBIENTAL GENERADO POR LA*

MINERÍA EN EL ÁREA CIRCUNSCRITA AL RÍO SAN JUAN- PROVINCIA DE

PASCO DEPARTAMENTO DE PASCO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN AREQUIPA.

Rodríguez Rey, A., Liliam Cuéllar Luna, I., Geominia Maldonado Cantillo, I., María Elena Suardiaz Espinosa I Hospital Clínico Quirúrgico, I. I., Ameijeiras, H., & Habana, L. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre Harmful effects of lead on human health. In *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* (Vol. 35, Issue 3). <http://scielo.sld.cu>

Sancha, A. M., & Lira, L. (2002). *Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones.*

Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (2019). *5TO INFORME TÉCNICO SUSTENTATORIO REUBICACIÓN DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS EN MARCAPUNTA NORTE E IMPLEMENTACIÓN DE DUCHAS Y VESTUARIOS EN MARCAPUNTA NORTE, MARCAPUNTA SUR Y EX CAMPAMENTO GRAÑA UNIDAD MINERA COLQUIJIRCA.* www.tema.es

Stip Martínez, A. (2007). Aproximación al concepto de acidez. *TEA*, 21, 66–76.

Tecnotanques. (2016, September 9). *¿Qué es el oxígeno disuelto?* <https://tecnotanques.com/oxigeno-disuelto-2/>


Villareal, M. P. (2016). *CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN, EN EL DEPARTAMENTO DE PASCO.*

Villena Chávez, J. A. (2018). CALIDAD DEL AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Yang, D., Lee, S., Lee, G., Kim, J., Jae Lim, K., & Kim, K.-S. (2019). Estimation of Baseflow based on Master Recession Curves (MRCs) Considering Seasonality and Flow Condition 계절·유황특성을 고려한 주지하수감수곡선을 활용한 기저유출분리 평가. *Sung Kim Journal of Wetlands Research*, 21(1).
<https://doi.org/10.17663/JWR.2019.21.1.034>

X. ANEXOS

10.1 Solicitud de información a la Autoridad Nacional del Agua (ANA)



SOLICITUD POR TRAMITE VIRTUAL

Estimado(a) Usuario(a):

Su solicitud fue ingresada con éxito y está siendo revisada por Mesa de Partes.

Tipo de Documento: SOLICITUD

Nro de Documento: HRGM-2021-01

Sede: VENTANILLA SEDE CENTRAL

De cumplir con los requisitos de admisibilidad, se le comunicará, al correo electrónico consignado por su persona, el número de CUT y fecha de registro de su solicitud. Caso contrario, adicionalmente, se indicarán las observaciones detectadas, las mismas que deberán ser subsanadas obligatoriamente en la Mesa de Partes Virtual dentro del plazo máximo de dos (02) días hábiles, computados desde la recepción del correo electrónico institucional.

Tener en cuenta que los documentos ingresados entre las 0:00 a.m. y 3:30 p.m., se consideran ingresados dentro del mismo día hábil, luego de ese horario, se consideran ingresados el siguiente día hábil. De igual manera, los documentos presentados los sábados, domingos y feriados se consideran ingresados el siguiente día hábil.

Nota:
Mensaje automático, por favor no responder.
Imprime este correo electrónico sólo si es necesario. Cuidar el ambiente es responsabilidad de todos.


Autoridad Nacional del Agua

10.2 Solicitud de información a SENACE

		SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA				N° DE TRÁMITE: 02950-2021	
FORMULARIO F-01		(Texto Único Ordenado de la ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM)					
FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN: Senace							
DATOS DEL SOLICITANTE:							
APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL GALLARDO MELGAR, HECTOR RODRIGO				DOCUMENTO DE IDENTIDAD D.N.I. / C.E. / OTRO 71744666			
DOMICILIO: CALLE ZORZALES 140							
AV. / CALLE / JR. / PSJ. ZORZALES		N° / DPTO. / INT. 140		DISTRITO SANTAANITA		URBANIZACIÓN	
PROVINCIA LIMA		DEPARTAMENTO LIMA		CORREO ELECTRÓNICO HECRODGA@GMAIL.COM		TELÉFONO 960384096	
INFORMACIÓN SOLICITADA: SOLICITUD DEL ESTUDIO DE SOCIEDAD MINERA EL BROCAL: STO INFORME TÉCNICO SUSTENTATORIO REUBICACIÓN DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS EN MARCAPUNTA NORTE E IMPLEMENTACIÓN DE DUCHAS Y VESTUARIOS EN MARCAPUNTA NORTE, MARCAPUNTA SUR Y EX CAMPAMENTO GRAÑA UNIDAD MINERA COLQUIURCA QUE INCLUYA SUS ANEXOS, PLANOS, FORMATOS EDITABLES Y RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN.							
DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE INFORMACIÓN: RESPONSABLE DE BRINDAR ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA							
FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN:							
Copia Simple <input type="checkbox"/>		Copia Certificada <input type="checkbox"/>		CD <input type="checkbox"/>		DVD <input type="checkbox"/>	
Correo Electrónico <input checked="" type="checkbox"/>		OTRO <input type="checkbox"/>		Papel:			
A4 <input type="checkbox"/>		A3 <input type="checkbox"/>		A1 <input type="checkbox"/>		A0 <input type="checkbox"/>	
APELLIDOS Y NOMBRES GALLARDO MELGAR, HECTOR RODRIGO				FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN 27/08/2021 02:10 p.m.			
(*) LA ENTREGA DE LA INFORMACIÓN SOLICITADA SE HARÁ A LA PERSONA O REPRESENTANTE DE LA EMPRESA QUE SOLICITÓ LA INFORMACIÓN, DE NO PODER CONCURRIR ÉSTE, LA MISMA PODRÁ SER ENTREGADA A UN TERCERO QUE DEBERÁ CONTAR CON CARTA PODER SIMPLE.							
OBSERVACIONES: TRASLADO DE SOLICITUD DE FECHA 26/08/2021, PRESENTADA VIA CORREO ELECTRONICO DEL SENACE, MEDIANTE OFICIO N° 0250-2021/MINEM-6G-OADAC * Deseo que la respuesta a esta Solicitud sea notificada a mi correo electrónico.							

10.3 Solicitud de información Sociedad Minera El Brocal

JO Jean Pierre Odiaga
Para: Hector Rodrigo Gallardo
CC: Victor Orihuela



Sáb 18/12/2021 17:16

Hector buenas tardes,

Solicitud aprobada.

Cabe resaltar que la información que manejes y utilices para tus estudios pertenece a información de la compañía, por lo que se te solicita poder manejar con la confidencialidad y responsabilidad que amerita, asimismo, deberás entregar una copia del informe final al área de Recursos Humanos y a Gerencia de Unidad.

Saludos,


De: Hector Rodrigo Gallardo <hector.gallardo@elbrocal.com.pe>
Enviado: lunes, 29 de noviembre de 2021 10:16
Para: Jean Pierre Odiaga <jean.odiaga@elbrocal.com.pe>
Asunto: RV: Carta de Solicitud de Datos - Proyecto de Investigación

Buenos días

Estimado Jean Pierre, favor tu apoyo.

Saludos cordiales

Hector R. Gallardo Melgar
Asesor de Medio Ambiente



Celular: 962304026

De: Victor Orihuela <victor.orihuela@elbrocal.com.pe>
Enviado: lunes, 6 de setiembre de 2021 21:07
Para: Hector Rodrigo Gallardo <hector.gallardo@elbrocal.com.pe>; Jean Pierre Odiaga <jean.odiaga@elbrocal.com.pe>
Cc: Mario Ballardó <mario.ballardo@elbrocal.com.pe>; Hugo Araoz <hugo.araoz@elbrocal.com.pe>; Christian Martínez <christian.martinez@elbrocal.com.pe>
Asunto: RE: Carta de Solicitud de Datos - Proyecto de Investigación

Hector buenas noches

No veo inconveniente en tu solicitud, sólo debemos tener presente que la información que usará no contenga material confidencial.

Pero

Por favor si lo puede validar con nuestro Corporativo, para que luego de ello sea validada por su Superintendencia en este caso Hugo Araoz.

Saludos,

10.4 Tabla de datos utilizados para la tesis resaltando en rojo los que superan los ECA de agua (2017) de la normativa peruana.

Est.	Año	Mes	Periodo	Fecha	OD	DBO	DQO	Col. Term.	pH	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	B	Pb	C. E.	T°
E-2	2016	ENE	AVENIDA	21/01/2016	6.46	2.6	8.1	16	6.34	0.478	0.01	0.001	0.2	0.671	1.505	0.012	0.03	369	12.7
E-2	2016	FEB	AVENIDA	19/02/2016	5.22	2.6	9.5	4.5	8.72	0.423	0.01	0.001	0.08	0.506	1.458	0.013	0.02	4.9	12.5
E-2	2016	MAR	AVENIDA	9/03/2016	5.16	2.6	12.6	13	8.63	0.039	0.01	0.001	0.04	0.549	0.469	0.006	0.02	481	14.7
E-2	2016	ABR	AVENIDA	11/04/2016	2.64	2.6	4.5	173	7.43	1.407	0.01	0.001	0.07	0.378	0.688	0.012	0.02	184.4	14
E-2	2016	MAY	AVENIDA	24/05/2016	3.7	2.6	4.5	702	8.75	1.496	0.01	0.001	0.06	0.516	1.185	0.006	0.01	599	12.4
E-2	2016	JUN	ESTIAJE	15/06/2016	4.3	2.6	4.5	17000	8.6	1.586	0.01	0.001	0.05	2.04	1.409	0.012	0.002	821	12.5
E-2	2016	JUL	ESTIAJE	22/07/2016	6.33	2.6	14.9	33	8.59	1.675	0.01	0.001	0.05	0.597	1.464	0.012	0.01	878	11.1
E-2	2016	AGO	ESTIAJE	16/08/2016	7.08	2.6	4.5	50	8.8	1.765	0.01	0.001	0.11	0.632	2.182	0.012	0.01	1035	13.9
E-2	2016	SEP	ESTIAJE	13/09/2016	7.46	2.6	4.5	4.5	8.37	1.538	0.01	0.001	0.57	0.875	0.666	0.017	0.01	1342	14.8
E-2	2016	OCT	ESTIAJE	17/10/2016	6.02	2.6	4.5	170	7.3	1.118	0.04	0.001	1299	1.618	0.481	0.006	0.15	732	12
E-2	2016	NOV	ESTIAJE	16/11/2016	7.03	2.6	8.1	170	7.94	0.96	0.01	0.001	0.89	1.454	1.47	0.011	0.04	1180	12.6
E-2	2016	DIC	AVENIDA	3/12/2016	6.88	2.6	19.4	240	9.32	1.05	0.01	0.001	0.93	0.632	1.492	0.012	0.04	1631	12.8
E-2	2017	ENE	AVENIDA	5/01/2017	6.86	2.6	20.59	1100	8.39	1.139	0.02	0.001	0.33	0.488	1.237	0.006	0.06	492	10.9
E-2	2017	FEB	AVENIDA	6/02/2017	6.43	2.6	8.5	230	8.65	1.228	0.02	0.001	0.07	0.467	0.443	0.006	0.06	638	12.5
E-2	2017	MAR	AVENIDA	8/03/2017	6.33	2.6	9.6	1.8	8.49	1.318	0.01	0.001	0.13	0.433	0.471	0.019	0.03	341	10
E-2	2017	ABR	AVENIDA	8/04/2017	7.08	2.6	10.4	1.8	8.78	0.064	0.01	0.001	0.03	0.587	2.111	0.016	0.04	254	10.4
E-2	2017	MAY	AVENIDA	12/05/2017	6.71	2.6	16.4	1.8	8.49	0.324	0.01	0.001	0.06	0.762	2.471	0.006	0.02	460	13.6
E-2	2017	JUN	ESTIAJE	15/06/2017	3.69	2.6	18.7	1.8	8.64	0.274	0.01	0.001	0.37	0.875	3.643	0.006	0.01	589	12.2
E-2	2017	JUL	ESTIAJE	10/07/2017	3.5	2.6	17.76	7.8	8.83	0.264	0.01	0.001	0.57	1.618	4.428	0.012	0.01	475	9.1
E-2	2017	AGO	ESTIAJE	10/08/2017	5.24	2.6	8.1	2	8.81	1.98	0.01	0.001	0.6	1.454	3.372	0.019	0.002	393	14
E-2	2017	SEP	ESTIAJE	11/09/2017	3.36	2.6	11.8	13	8.89	1.854	0.01	0.001	0.15	0.432	3.157	0.016	0.01	519	11.8
E-2	2017	OCT	ESTIAJE	9/10/2017	4.45	2.6	15.4	1.8	8.36	1.943	0.01	0.001	0.15	0.488	0.448	0.012	0.01	1574	14.4
E-2	2017	NOV	ESTIAJE	4/11/2017	6.1	2.6	13.6	1.8	8.39	2.033	0.01	0.001	2237	0.657	2.111	0.012	0.02	1192	13.2
E-2	2017	DIC	AVENIDA	10/12/2017	7.1	2.6	17.4	1.8	8.39	2.122	0.01	0.001	0.6	0.523	1.585	0.006	0.02	460	11.8

E-2	2018	ENE	AVENIDA	4/01/2018	6.36	2.6	13.6	33	8.54	1.488	0.011	0.001	0.051	2.759	1.405	0.012	0.018	540	13.3
E-2	2018	FEB	AVENIDA	8/02/2018	6.44	2.6	12	79	8.36	0.9	0.011	0.001	0.414	1.729	1.448	0.006	0.02	510	12
E-2	2018	MAR	AVENIDA	12/03/2018	6.9	2.6	23.3	230	8.6	2.226	0.007	0.001	0.024	2.627	0.369	0.006	0.015	315	12.8
E-2	2018	ABR	AVENIDA	11/04/2018	6.62	3.4	14.1	1.8	8.42	0.389	0.008	0.001	0.06	1.139	0.588	0.006	0.011	284	12.7
E-2	2018	MAY	AVENIDA	9/05/2018	7.03	2.6	6.6	1.8	8.59	0.519	0.012	0.001	0.216	1.986	1.175	0.012	0.013	451	11
E-2	2018	JUN	ESTIAJE	9/06/2018	7.33	2.6	13.9	1.8	8.54	0.41	0.007	0.001	0.039	0.771	1.549	0.013	0.01	862	12.2
E-2	2018	JUL	ESTIAJE	10/07/2018	7.86	2.6	11.1	1.8	8.59	0.245	0.006	0.001	1.424	0.606	1.404	0.006	0.006	747	13.2
E-2	2018	AGO	ESTIAJE	10/08/2018	7.32	2.6	8.5	6.8	8.51	0.217	0.006	0.001	0.202	0.449	2.082	0.012	0.007	1368	11.6
E-2	2018	SEP	ESTIAJE	6/09/2018	6.88	2.6	8.7	280	8.69	0.277	0.007	0.001	0.031	0.388	0.566	0.006	0.004	482	10.8
E-2	2018	OCT	ESTIAJE	4/10/2018	7.22	2.6	11.2	130	8.78	0.396	0.007	0.001	0.025	0.506	0.421	0.012	0.004	442	11.7
E-2	2018	NOV	ESTIAJE	6/11/2018	6.28	2.6	18.9	49	8.59	1.228	0.011	0.001	0.041	2.05	1.44	0.012	0.014	472	14.3
E-2	2018	DIC	AVENIDA	7/12/2018	7.32	2.6	8.5	1.8	8.7	0.405	0.007	0.001	0.275	0.597	1.472	0.012	0.005	713	14
E-2	2019	ENE	AVENIDA	8/01/2019	7.29	2.6	8.1	1.8	8.44	0.473	0.01	0.001	0.346	0.732	1.037	0.017	0.013	568	9.2
E-2	2019	ABR	AVENIDA	10/04/2019	6.9	2.6	11.8	110	8.37	0.352	0.011	0.002	0.083	1.554	2.211	0.012	0.009	503	13.1
E-2	2019	MAY	AVENIDA	7/05/2019	7.03	2.6	8.7	13	8.54	0.219	0.007	0.001	0.027	0.532	2.571	0.006	0.006	622	11.9
E-2	2019	JUN	ESTIAJE	7/06/2019	5.72	2.6	4.5	7.8	8.5	0.102	0.006	0.001	0.053	0.388	3.743	0.006	0.006	888	11.7
E-2	2019	JUL	ESTIAJE	6/07/2019	6.8	2.6	4.5	4.5	8.58	0.141	0.007	0.001	0.092	0.457	4.528	0.019	0.005	1094	11.2
E-2	2019	AGO	ESTIAJE	19/08/2019	6.58	2.6	10.2	1.8	8.49	0.361	0.006	0.001	0.219	0.423	3.272	0.016	0.003	1067	11.4
E-2	2019	SEP	ESTIAJE	5/09/2019	7.04	2.6	4.5	33	8.53	2.861	0.017	0.001	0.283	4.924	6.057	0.006	0.047	1251	9.8
E-2	2019	OCT	ESTIAJE	10/10/2019	6.43	2.6	5	4.5	8.61	0.126	0.006	0.001	0.046	0.244	0.348	0.02	0.005	686	16
E-2	2019	NOV	ESTIAJE	7/11/2019	6.4	2.6	12.4	170	8.42	0.31	0.007	0.002	0.042	1.039	13.399	0.045	0.044	2170	12.6
E-2	2019	DIC	AVENIDA	7/12/2019	7.06	2.6	4.5	230	8.37	4.005	0.099	0.002	0.298	7.706	2.437	0.018	0.386	340	9.6
E-2	2020	ENE	AVENIDA	8/01/2020	6.36	2.6	4.5	230	8.46	0.386	0.006	0.001	0.012	1.315	1.857	0.012	0.008	372	13.5
E-2	2020	FEB	AVENIDA	12/02/2020	6.67	2.6	14.9	130	8.52	0.478	0.009	0.001	0.021	1.256	1.973	0.006	0.016	472	11.9
E-2	2020	MAR	AVENIDA	9/03/2020	6.63	2.6	4.5	490	8.3	0.423	0.01	0.002	0.031	2.197	3.228	0.011	0.02	627	11.3
E-2	2020	JUN	ESTIAJE	11/06/2020	6.24	2.6	4.6	1.8	8.04	0.039	0.003	0.003	0.017	0.828	10.322	0.006	0.002	1046	13.4
E-2	2020	JUL	ESTIAJE	23/07/2020	7.02	2.6	4.5	7.8	8.34	0.064	0.005	0.001	0.009	0.244	8.251	0.015	0.002	1440	6.1

E-2	2020	AGO	ESTIAJE	6/08/2020	6.47	2.6	8	1.8	8.29	0.324	0.007	0.001	0.009	0.56	2.607	0.024	0.004	660	10.9
E-2	2020	SEP	ESTIAJE	9/09/2020	6.81	2.6	4.5	2	8.26	0.274	0.009	0.001	0.013	0.426	8.575	0.029	0.004	985	11.3
E-2	2020	OCT	ESTIAJE	7/10/2020	6.91	2.6	4.5	230	8.54	0.264	0.006	0.001	0.042	0.63	13.69	0.023	0.012	2160	9.7
E-2	2020	NOV	ESTIAJE	10/11/2020	6.5	2.6	4.7	17	8.49	0.165	0.005	0.001	0.014	0.418	3.229	0.071	0.007	1540	15.9
E-2	2020	DIC	AVENIDA	11/12/2020	6.51	2.6	18.9	4.5	8.32	1.538	0.029	0.001	0.109	2.723	7.322	0.034	0.096	1687	16.1
E-4	2016	ENE	AVENIDA	17/01/2016	2.98	2.6	5.2	1.8	8.75	0.08	0.005	0.001	0.203	0.2	0.848	0.04	0.004	381	11.9
E-4	2016	FEB	AVENIDA	19/02/2016	3	2.6	15.8	1.8	8.6	0.08	0.006	0.001	0.061	0.539	0.432	0.03	0.005	376	11.4
E-4	2016	MAR	AVENIDA	9/03/2016	3.09	2.6	4.5	4.5	8.81	1.85	0.011	0.005	0.031	1.956	0.292	0.01	0.025	375	10.9
E-4	2016	ABR	AVENIDA	12/04/2016	2.64	2.6	4.7	31	8.43	0.431	0.006	0.002	0.612	0.623	0.432	0.026	0.004	228.32	12.4
E-4	2016	MAY	AVENIDA	24/05/2016	6.1	2.6	4.5	33	8.82	0.482	0.007	0.001	0.747	0.527	0.468	0.016	0.008	240.25	12.3
E-4	2016	JUN	ESTIAJE	17/06/2016	6.42	2.6	12.7	79	8.57	0.081	0.005	0.001	0.195	0.195	0.958	0.059	0.003	252.19	14.8
E-4	2016	JUL	ESTIAJE	20/07/2016	6.58	2.6	4.5	1.8	8.89	0.086	0.005	0.001	0.029	0.151	0.327	0.016	0.002	264.12	12.3
E-4	2016	AGO	ESTIAJE	16/08/2016	6.23	2.6	4.5	1.8	8.99	0.096	0.006	0.001	0.123	0.21	0.481	0.019	0.004	276.05	14.4
E-4	2016	SEP	ESTIAJE	10/09/2016	7.88	2.6	9.6	7.8	8.49	0.128	0.007	0.001	0.227	0.307	0.516	0.017	0.005	287.99	21.1
E-4	2016	OCT	ESTIAJE	14/10/2016	6.15	2.6	5.7	33	8.21	0.706	0.008	0.001	4.266	0.772	0.668	0.015	0.009	299.92	11.9
E-4	2016	NOV	ESTIAJE	14/11/2016	6.32	2.6	4.6	23	8.42	0.307	0.008	0.001	0.143	0.621	1.204	0.013	0.007	311.86	18.2
E-4	2016	DIC	AVENIDA	2/12/2016	6.5	2.6	13.7	790	8.67	0.59	0.007	0.001	0.065	0.811	3.74	0.077	0.014	323.79	14.5
E-4	2017	ENE	AVENIDA	10/01/2017	6.3	7	19	1300	9.1	1.624	0.015	0.001	0.051	2.985	0.617	0.003	0.041	335.73	11.9
E-4	2017	FEB	AVENIDA	10/02/2017	6.88	2	29	130	8.19	0.54	0.015	0.001	0.134	2.144	0.607	0.002	0.037	347.66	9
E-4	2017	MAR	AVENIDA	10/03/2017	7.33	3	27	79	8.8	0.844	0.016	0.001	0.078	2.337	0.387	0.002	0.108	359.59	8.7
E-4	2017	ABR	AVENIDA	10/04/2017	6.6	2	8	1700	8.2	1.412	0.013	0.001	0.033	0.144	0.307	0.006	0.036	371.53	11.2
E-4	2017	MAY	AVENIDA	10/05/2017	6.65	2	14	17	8	1.826	0.015	0.004	0.392	0.559	0.192	0.006	0.037	383.46	14.3
E-4	2017	JUN	ESTIAJE	10/06/2017	2.97	2	2	220	8	3.119	0.012	0.001	0.461	0.522	0.339	0.006	0.021	395.4	10.8
E-4	2017	JUL	ESTIAJE	11/07/2017	3.79	2	29	4.5	8.8	0.095	0.006	0.001	0.095	0.199	0.919	0.007	0.004	407.33	11.6
E-4	2017	AGO	ESTIAJE	11/08/2017	4.61	2	9	1.8	8.92	0.073	0.006	0.001	0.411	0.166	0.339	0.002	0.003	419.26	12.2
E-4	2017	SEP	ESTIAJE	12/09/2017	4.58	2	7.48	11000	8.41	0.076	0.005	0.001	0.018	0.144	0.658	0.002	0.002	431.2	9.11
E-4	2017	OCT	ESTIAJE	9/10/2017	4.45	5	19	1.8	8.36	0.225	0.007	0.001	0.147	0.559	1.762	0.019	0.012	443.13	14.4

E-4	2017	NOV	ESTIAJE	4/11/2017	6.1	3	23	1.8	8.39	0.302	0.007	0.003	2.237	0.522	4.819	0.002	0.016	455.07	13.2
E-4	2017	DIC	AVENIDA	1/12/2017	6.42	4	18	49	8.49	0.637	0.021	0.003	1.527	1.69	1.193	0.002	0.083	467	11.9
E-4	2018	ENE	AVENIDA	4/01/2018	6.58	2.6	11.4	49	8.62	2.727	0.01	0.001	0.037	3.651	1.461	0.006	0.017	537	12.4
E-4	2018	FEB	AVENIDA	8/02/2018	6.23	2.6	4.5	14	8.13	0.451	0.008	0.001	0.03	1.212	1.151	0.006	0.013	490	9.9
E-4	2018	MAR	AVENIDA	12/03/2018	6.97	2.6	6.9	33	8.53	1.051	0.006	0.001	0.018	1.401	0.408	0.006	0.007	339	12.4
E-4	2018	ABR	AVENIDA	11/04/2018	6.72	2.6	5.6	1.8	8.46	0.324	0.008	0.001	0.032	0.988	0.546	0.006	0.008	363	12.5
E-4	2018	MAY	AVENIDA	9/05/2018	7.52	2.6	7.3	4.5	8.61	0.305	0.013	0.001	0.09	1.823	1.178	0.011	0.007	492	11.3
E-4	2018	JUN	ESTIAJE	9/06/2018	8.09	2.6	8.8	1.8	8.51	0.12	0.006	0.001	0.039	0.456	1.898	0.006	0.004	683	10.2
E-4	2018	JUL	ESTIAJE	10/07/2018	8.44	2.6	7.5	1.8	8.57	0.191	0.005	0.001	0.571	0.397	1.913	0.006	0.003	774	10.6
E-4	2018	AGO	ESTIAJE	10/08/2018	8.78	2.6	7	7.8	8.64	0.191	0.005	0.001	0.571	0.397	1.913	0.006	0.003	897	11.1
E-4	2018	SEP	ESTIAJE	6/09/2018	7.34	2.6	7.3	230	8.67	0.277	0.007	0.001	0.024	0.34	0.557	0.006	0.003	371	12.4
E-4	2018	OCT	ESTIAJE	4/10/2018	7.56	2.6	13	7.8	8.77	0.337	0.006	0.001	0.018	0.362	0.432	0.013	0.002	438	12.3
E-4	2018	NOV	ESTIAJE	6/11/2018	6.31	2.6	19.8	79	8.62	1.25	0.009	0.001	0.034	1.937	1.394	0.013	0.013	454	14.8
E-4	2018	DIC	AVENIDA	7/12/2018	7.16	2.6	8.4	1.8	8.54	0.362	0.006	0.001	0.429	0.544	1.95	0.013	0.003	727	11.3
E-4	2019	ENE	AVENIDA	8/01/2019	7.29	2.6	11.1	1.8	8.42	1.111	0.011	0.001	0.405	1.476	1.207	0.019	0.015	592	8.8
E-4	2019	FEB	AVENIDA	5/02/2019	6.49	2.6	11.3	23	8.48	0.468	0.006	0.001	0.044	0.936	0.337	0.006	0.011	317	13.2
E-4	2019	MAR	AVENIDA	6/03/2019	6.37	2.6	8.8	110	8.58	0.346	0.008	0.001	0.022	1.624	0.408	0.006	0.01	281	13.2
E-4	2019	ABR	AVENIDA	10/04/2019	6.84	2.6	12.1	130	8.29	0.165	0.013	0.002	0.14	1.601	2.388	0.006	0.004	504	12.4
E-4	2019	MAY	AVENIDA	7/05/2019	6.84	2.6	9.3	17	8.59	0.296	0.005	0.001	0.023	0.479	2.689	0.006	0.005	601	12.1
E-4	2019	JUN	ESTIAJE	7/06/2019	5.53	2.6	4.5	2	8.57	0.075	0.005	0.001	0.059	0.206	4.017	0.006	0.004	867	11.3
E-4	2019	JUL	ESTIAJE	6/07/2019	7.14	2.6	4.5	2	8.59	0.07	0.005	0.001	0.123	0.336	4.751	0.019	0.003	1034	10.9
E-4	2019	AGO	ESTIAJE	19/08/2019	6.6	2.6	4.5	4.5	8.72	0.236	0.006	0.001	0.02	0.28	3.712	0.015	0.002	860	12.3
E-4	2019	SEP	ESTIAJE	5/09/2019	7.19	2.6	8	11	8.65	3.012	0.02	0.001	0.321	5.874	6.209	0.006	0.048	1131	10.2
E-4	2019	OCT	ESTIAJE	10/10/2019	7.33	2.6	7	7.8	8.86	0.153	0.006	0.001	0.015	0.261	0.368	0.018	0.003	353	14.7
E-4	2019	NOV	ESTIAJE	7/11/2019	7.19	2.6	8	110	8.37	0.26	0.009	0.002	0.037	0.937	15.825	0.049	0.022	2090	16
E-4	2019	DIC	AVENIDA	7/12/2019	6.58	2.6	4.5	330	8.23	1.022	0.011	0.001	0.026	1.466	2.968	0.016	0.013	403	12.7
E-4	2020	ENE	AVENIDA	8/01/2020	6.7	2.6	5.2	140	8.5	0.403	0.01	0.001	0.026	1.829	1.677	0.011	0.019	354	14.4

E-4	2020	FEB	AVENIDA	12/02/2020	6.46	2.6	15.8	330	8.5	1.256	0.011	0.001	0.027	1.984	2.006	0.006	0.022	467	11.9
E-4	2020	MAR	AVENIDA	9/03/2020	6.44	2.6	4.5	490	8.24	0.202	0.007	0.003	0.018	2.943	3.941	0.013	0.008	606	13.6
E-4	2020	JUN	ESTIAJE	11/06/2020	6.84	2.6	4.7	1.8	7.98	0.063	0.004	0.004	0.014	0.785	18.167	0.006	0.006	1355	7.1
E-4	2020	JUL	ESTIAJE	23/07/2020	7.52	2.6	4.5	7.8	8.49	0.121	0.005	0.001	0.01	0.323	8.968	0.016	0.002	1130	4.5
E-4	2020	AGO	ESTIAJE	6/08/2020	7.04	2.6	12.7	1.8	8.27	0.352	0.006	0.001	0.008	0.539	2.68	0.022	0.004	528	11.3
E-4	2020	SEP	ESTIAJE	9/09/2020	7.06	2.6	4.5	17	8.11	0.251	0.008	0.001	0.011	0.436	8.878	0.025	0.004	973	7.8
E-4	2020	OCT	ESTIAJE	7/10/2020	6.91	2.6	4.5	130	8.32	0.311	0.009	0.001	0.03	1.037	13.975	0.018	0.016	2130	9.3
E-4	2020	NOV	ESTIAJE	10/11/2020	6.4	2.6	9.6	23	8.47	0.489	0.009	0.001	0.014	0.822	4.22	0.006	0.011	1325	15.3
E-4	2020	DIC	AVENIDA	11/12/2020	6.51	2.6	19.4	110	8.32	0.943	0.005	0.001	0.067	1.305	7.394	0.032	0.02	1630	14
E-10	2016	ENE	AVENIDA	17/01/2016	3.16	2.6	13.8	79	8.52	0.21	0.006	0.001	0.682	0.539	2.01	0.07	0.009	362	12.7
E-10	2016	FEB	AVENIDA	19/02/2016	3.2	2.6	16.3	7.8	8.27	0.19	0.008	0.001	0.073	1.08	0.646	0.03	0.012	362	13.6
E-10	2016	MAR	AVENIDA	9/03/2016	4.07	2.6	8.5	7.8	8.79	1.1	0.005	0.001	0.032	1.762	0	0.01	0.019	367	12.1
E-10	2016	ABR	AVENIDA	12/04/2016	6.85	2.6	4.5	2100	8.3	1.234	0.006	0.001	0.874	1.689	0.981	0.013	0.023	474	11.4
E-10	2016	MAY	AVENIDA	23/05/2016	6.65	2.6	8.6	2800	8.61	1.678	0.015	0.001	1.912	1.983	1.206	0.015	0.03	383	13.2
E-10	2016	JUN	ESTIAJE	17/06/2016	5.75	2.6	9.9	240	8.68	0.172	0.006	0.001	1.518	0.519	2.993	0.135	0.005	611	15.5
E-10	2016	JUL	ESTIAJE	20/07/2016	7.66	2.6	4.5	330	8.3	0.275	0.007	0.001	0.095	0.586	1.086	0.018	0.007	1268	9.7
E-10	2016	AGO	ESTIAJE	16/08/2016	6.37	2.6	16.3	490	8.75	0.135	0.007	0.001	0.525	0.307	0.683	0.02	0.004	620	15.7
E-10	2016	SEP	ESTIAJE	10/09/2016	7	2.6	9.7	790	8.24	0.26	0.008	0.001	0.314	0.625	0.977	0.021	0.006	832	21.8
E-10	2016	OCT	ESTIAJE	14/10/2016	6	2.6	14.4	49	8.44	1.305	0.01	0.001	5.15	1.182	0.803	0.014	0.011	650	11.7
E-10	2016	NOV	ESTIAJE	14/11/2016	5.96	2.6	8.5	17	8.35	0.386	0.008	0.001	0.173	0.892	1.391	0.013	0.01	495	18.5
E-10	2016	DIC	AVENIDA	2/12/2016	6	2.6	4.5	490	8.33	0.811	0.008	0.001	0.074	1.102	3.971	0.081	0.017	464	15
E-10	2017	ENE	AVENIDA	7/01/2017	6	2.6	4.5	2200	7.92	1.38	0.017	0.001	0.043	2.862	0.602	0.005	0.034	915	14
E-10	2017	FEB	AVENIDA	6/02/2017	6.35	2.6	10.8	10	8.35	2.343	0.015	0.001	0.05	3.01	0.81	0.002	0.04	1222	13.2
E-10	2017	MAR	AVENIDA	10/03/2017	6.53	2.6	9.5	1300	8.47	1.068	0.032	0.002	0.126	3.719	0.571	0.002	0.058	1160	13
E-10	2017	ABR	AVENIDA	8/04/2017	6.99	2.6	8.6	790	8.4	2.465	0.022	0.001	0.045	0.51	0.563	0.007	0.079	943	9.8
E-10	2017	MAY	AVENIDA	10/05/2017	5.55	2.6	4.5	79	6.96	1.752	0.021	0.016	0.921	0.469	8.838	0.008	0.026	806	14
E-10	2017	JUN	ESTIAJE	14/06/2017	2.6	2.6	4.5	1300	8.44	4.11	0.016	0.006	1.47	0.583	4.389	0.011	0.033	920	13

E-10	2017	JUL	ESTIAJE	11/07/2017	2.58	4	10	33	8.3	0.401	0.009	0.001	0.358	0.773	4.447	0.01	0.011	1087	14.6
E-10	2017	AGO	ESTIAJE	11/08/2017	3.59	2	20	1.8	8.58	0.211	0.007	0.001	1.524	0.51	1.295	0.002	0.007	496	14.31
E-10	2017	SEP	ESTIAJE	11/09/2017	4.46	18	7.13	46000	8.29	0.198	0.007	0.001	0.081	0.469	3.347	0.002	0.007	923	8.98
E-10	2017	OCT	ESTIAJE	10/10/2017	4.2	19	6.96	1.8	8.28	0.258	0.009	0.001	0.465	0.583	2.124	0.005	0.008	1065	13
E-10	2017	NOV	ESTIAJE	5/11/2017	6.05	3	21	330	8.38	0.454	0.008	0.002	1.356	0.753	4.299	0.002	0.013	597	12.9
E-10	2017	DIC	AVENIDA	1/12/2017	6.54	3	11	33	8.44	0.279	0.007	0.001	0.131	0.456	3.627	0.002	0.009	1127	13.7
E-10	2018	ENE	AVENIDA	4/01/2018	6.39	1.2	15.1	49	8.27	1.148	0.01	0.001	0.045	2.887	1.953	0.013	0.017	603	12.3
E-10	2018	FEB	AVENIDA	8/02/2018	5.6	4.5	12.1	170	8.37	0.581	0.01	0.001	0.042	1.796	2.612	0.006	0.01	635	13.1
E-10	2018	MAR	AVENIDA	12/03/2018	7.14	2.6	7.4	79	8.48	0.242	0.006	0.001	0.028	1.125	0.555	0.006	0.006	377	13.4
E-10	2018	ABR	AVENIDA	12/04/2018	6.99	2.6	7.1	13	8.4	0.248	0.018	0.001	0.046	2.55	1.402	0.006	0.01	297	8.4
E-10	2018	MAY	AVENIDA	9/05/2018	6.88	2.6	6.5	330	8.42	0.336	0.017	0.002	0.092	3.582	3.109	0.006	0.01	503	11.8
E-10	2018	JUN	ESTIAJE	9/06/2018	8.15	2.6	7	13	8.21	0.139	0.006	0.001	0.05	0.608	2.776	0.006	0.005	832	9.8
E-10	2018	JUL	ESTIAJE	10/07/2018	8.23	2.6	10.9	23	8.48	0.292	0.006	0.001	0.382	0.587	3.134	0.006	0.004	1038	8.5
E-10	2018	AGO	ESTIAJE	10/08/2018	8.19	2.6	4.7	94	8.57	1.033	0.007	0.001	0.072	1.294	3.486	0.01	0.006	900	10.8
E-10	2018	SEP	ESTIAJE	6/09/2018	7.4	2.6	10.8	230	8.32	0.475	0.008	0.001	0.137	0.799	3.682	0.02	0.006	963	17.5
E-10	2018	OCT	ESTIAJE	4/10/2018	7.53	2.6	12.9	23	8.33	0.95	0.009	0.001	0.085	1.231	2.166	0.018	0.008	1168	15.4
E-10	2018	NOV	ESTIAJE	6/11/2018	5.88	2.6	23.5	230	8.3	1.907	0.013	0.002	0.057	3.186	2.318	0.011	0.024	609	15.8
E-10	2018	DIC	AVENIDA	7/12/2018	8.94	2.6	8.8	7.8	8.6	0.544	0.008	0.001	0.709	0.94	4.015	0.006	0.008	1353	11.4
E-10	2019	ENE	AVENIDA	8/01/2019	7.21	2.6	13.8	1.8	8.33	1.252	0.012	0.001	0.815	1.914	2.251	0.015	0.021	893	8
E-10	2019	FEB	AVENIDA	5/02/2019	6.41	2.6	16.3	17	8.42	0.488	0.007	0.001	0.048	1.051	0.378	0.006	0.012	310	13
E-10	2019	MAR	AVENIDA	6/03/2019	6.41	2.6	8.5	490	8.41	0.978	0.012	0.002	0.031	3.159	0.717	0.006	0.018	295	12.9
E-10	2019	ABR	AVENIDA	11/04/2019	6.85	2.6	4.5	490	8.25	0.257	0.015	0.002	0.041	1.887	2.773	0.006	0.007	572	11.6
E-10	2019	MAY	AVENIDA	7/05/2019	6.65	2.6	8.6	33	8.35	0.151	0.006	0.001	0.039	0.679	4.66	0.006	0.009	866	13.6
E-10	2019	JUN	ESTIAJE	9/06/2019	5.75	2.6	9.9	33	8.33	0.147	0.007	0.002	0.205	0.714	11.223	0.018	0.012	1636	15
E-10	2019	JUL	ESTIAJE	6/07/2019	7.66	2.6	4.5	4.5	8.41	0.175	0.009	0.001	0.438	0.81	11.935	0.024	0.008	2020	12.2
E-10	2019	AGO	ESTIAJE	19/08/2019	6.37	2.6	16.3	13	8.36	0.241	0.006	0.002	0.063	0.585	11.549	0.02	0.005	2.03	14.9
E-10	2019	SEP	ESTIAJE	5/09/2019	7.3	2.6	9.7	2	8.41	0.116	0.01	0.002	0.441	0.748	13.421	0.021	0.005	232	12.2

E-10	2019	OCT	ESTIAJE	10/10/2019	8.74	2.6	14.4	490	8.57	0.529	0.009	0.001	0.065	0.976	1.37	0.006	0.009	657	12.8
E-10	2019	NOV	ESTIAJE	7/11/2019	6.92	2.6	8.5	230	8.29	0.26	0.006	0.003	0.034	0.843	17.891	0.051	0.008	2320	12.3
E-10	2019	DIC	AVENIDA	7/12/2019	6.26	2.6	4.5	460	8.17	1.827	0.015	0.002	0.056	3.046	6.88	0.015	0.026	667	14.8
E-10	2020	ENE	AVENIDA	8/01/2020	6.08	2.6	4.5	230	8.17	0.259	0.007	0.002	0.023	2.281	3.498	0.006	0.012	465	15.3
E-10	2020	FEB	AVENIDA	11/02/2020	6.52	2.6	10.8	490	8.52	1.229	0.008	0.001	0.021	1.592	1.814	0.006	0.014	465	12.6
E-10	2020	MAR	AVENIDA	9/03/2020	6.23	2.6	9.5	230	7.73	0.15	0.009	0.007	0.034	7.749	8.244	0.01	0.009	855	13.8
E-10	2020	JUN	ESTIAJE	11/06/2020	6.24	2.6	9.2	2	7.54	0.06	0.004	0.007	0.016	7.307	16.162	0.006	0.003	1092	8.6
E-10	2020	JUL	ESTIAJE	23/07/2020	7.3	2.6	4.5	17	8.33	0.116	0.007	0.001	0.013	0.56	10.029	0.015	0.003	1215	7.6
E-10	2020	AGO	ESTIAJE	5/08/2020	6.21	2.6	6.4	1.8	8.17	0.195	0.007	0.002	0.031	1.342	15.658	0.025	0.005	1619	13.3
E-10	2020	SEP	ESTIAJE	9/09/2020	6.76	2.6	19.5	4.5	7.9	0.186	0.011	0.002	0.032	1.235	32.161	0.047	0.01	2810	7.6
E-10	2020	OCT	ESTIAJE	7/10/2020	6.49	2.6	4.5	3300	8.26	0.76	0.009	0.001	0.037	1.414	15.774	0.024	0.025	2340	9.5
E-10	2020	NOV	AVENIDA	10/11/2020	6.5	2.6	7.7	49	8.2	0.951	0.011	0.001	0.018	1.437	5.312	0.006	0.017	1496	16.6
E-10	2020	DIC	AVENIDA	11/12/2020	6.25	2.6	22.9	79	8.27	1.601	0.005	0.002	0.076	2.287	8.834	0.032	0.032	1775	13.6
E-11	2016	ENE	AVENIDA	21/01/2016	19.2	2.6	6.4	0.9	8.1	0.27	0.01	0.001	0.06	0.38	1.54	0.02	0.01	610	12.6
E-11	2016	FEB	AVENIDA	19/02/2016	4.27	2.6	6.4	2	8.5	0.19	0.01	0.001	0.05	0.59	0.37	0.02	0.01	984	11.5
E-11	2016	MAR	AVENIDA	9/03/2016	5.16	2.6	6.4	0.9	8.63	1.53	0.05	0.02	0.02	3.51	0.86	0.02	0.12	1967	14.7
E-11	2016	ABR	AVENIDA	11/04/2016	4.27	2.6	6.4	0.9	8.36	0.19	0.01	0.001	0.05	0.59	0.43	0.01	0.01	1548	10.2
E-11	2016	MAY	AVENIDA	24/05/2016	3.6	2.6	6.4	0.9	8.4	0.06	0.01	0.001	0.13	0.15	1.3	0.03	0.01	2220	11.4
E-11	2016	JUN	ESTIAJE	15/06/2016	5.16	2.6	6.4	0.9	8.64	0.09	0.02	0.001	0.02	0.37	0.89	0.03	0.01	2230	16
E-11	2016	JUL	ESTIAJE	22/07/2016	5.16	2.6	6.4	130	8.66	0.16	0.01	0.001	0.04	0.27	0.43	0.04	0.01	2700	11.1
E-11	2016	AGO	ESTIAJE	16/08/2016	5.16	2.6	6.4	49	8.82	0.14	0.01	0.001	0.12	0.33	0.45	0.02	0.01	2270	14.1
E-11	2016	SEP	ESTIAJE	13/09/2016	7.52	2.6	6.4	2	8.53	0.2	0.01	0.001	0.47	0.4	0.76	0.06	0.01	2320	14.9
E-11	2016	OCT	ESTIAJE	17/10/2016	5.93	2.6	6.4	2	7.21	0.17	0.01	0.001	0.06	0.48	1.15	0.03	0.03	1936	13.5
E-11	2016	NOV	ESTIAJE	16/11/2016	6.11	2.6	6.4	1.8	8.06	0.04	0.001	0.001	0.09	0.07	1.3	0.02	0.002	2400	14.7
E-11	2016	DIC	AVENIDA	3/12/2016	6.7	2.6	6.4	1.8	9.15	0.39	0.01	0.001	0.32	1281	1.42	0.03	0.1	2.03	13
E-11	2017	ENE	AVENIDA	5/01/2017	6.2	2.6	6.4	2	10.7	0.719	0.042	0.003	0.438	4.195	2.104	0.032	0.246	2680	12.8
E-11	2017	FEB	AVENIDA	6/02/2017	6.5	2.6	6.4	1.8	8.24	0.123	0.012	0.001	0.118	0.387	0.183	0.049	0.015	2280	12.3

E-11	2017	MAR	AVENIDA	8/03/2017	6.7	2.6	6.4	2	7.62	0.603	0.028	0.002	0.23	1.756	0.658	0.002	0.097	1198	10.5
E-11	2017	ABR	AVENIDA	8/04/2017	6.6	2.6	6.4	1.8	9.29	0.413	0.021	0.002	0.155	1.898	0.183	0.025	0.14	1808	14.7
E-11	2017	MAY	AVENIDA	12/05/2017	5.82	2.6	6.4	1.8	7.86	0.079	0.01	0.002	0.06	0.493	0.183	0.006	0.015	2480	14.7
E-11	2017	JUN	ESTIAJE	15/06/2017	2.8	2.6	6.4	1.8	8.24	0.031	0.003	0.004	0.042	0.074	0.183	0.017	0.003	1808	14.7
E-11	2017	JUL	ESTIAJE	27/07/2017	3.21	8	7	2	8.71	0.044	0.003	0.002	0.081	0.203	1.612	0.019	0.01	2120	14.7
E-11	2017	AGO	ESTIAJE	3/08/2017	3.52	3	2	1.8	8.69	0.024	0.003	0.002	0.065	0.182	1.695	0.018	0.011	2420	13.7
E-11	2017	SEP	ESTIAJE	11/09/2017	3.6	7	22	1.8	8.76	0.058	0.003	0.001	0.111	0.072	1.063	0.022	0.004	2440	12.4
E-11	2017	OCT	ESTIAJE	9/10/2017	3.17	7	9.79	1.8	8.49	0.033	0.003	0.001	0.303	0.137	0.999	0.031	0.006	2270	15.9
E-11	2017	NOV	ESTIAJE	7/11/2017	5.95	25	7.74	1.8	8.49	0.076	0.005	0.001	0.099	0.196	0.984	0.013	0.008	2360	13.5
E-11	2017	DIC	AVENIDA	6/12/2017	5.93	4	26	1.8	8.34	0.564	0.045	0.002	0.671	2.633	0.939	0.002	0.126	2350	14.8
E-11	2018	ENE	AVENIDA	4/01/2018	6.34	1.1	13.7	1.8	8.46	0.101	0.005	0.001	0.359	0.201	0.357	0.011	0.004	156	13.3
E-11	2018	FEB	AVENIDA	16/02/2018	6.12	2.6	9.1	1.8	8.17	0.068	0.006	0.001	0.355	0.105	0.186	0.016	0.005	481	15.9
E-11	2018	MAR	AVENIDA	19/03/2018	6.58	3.5	12.2	4.5	8.18	1.65	0.04	0.001	0.255	2.824	0.312	0.006	0.113	2280	11.3
E-11	2018	ABR	AVENIDA	11/04/2018	6.16	2.6	9.7	1.8	7.93	0.054	0.005	0.001	0.208	0.135	0.085	0.006	0.005	1198	14.4
E-11	2018	JUN	AVENIDA	9/05/2018	7.24	2.6	7.4	1.8	8.6	0.115	0.012	0.001	0.075	0.552	0.242	0.01	0.013	1808	12
E-11	2018	MAY	ESTIAJE	9/06/2018	6.53	2.6	11.1	1.8	7.71	0.059	0.002	0.001	0.043	0.073	0.217	0.024	0.002	2480	11.9
E-11	2018	AGO	ESTIAJE	10/07/2018	6.04	2.6	9.4	1.8	7.77	0.04	0.002	0.001	0.048	0.07	0.255	0.013	0.003	1808	15.3
E-11	2018	JUL	ESTIAJE	11/08/2018	7.12	2.6	8.6	1.8	7.86	0.022	0.002	0.001	0.105	0.064	0.16	0.029	0.003	2120	9
E-11	2018	SEP	ESTIAJE	7/09/2018	5.49	2.6	15	1.8	7.67	0.067	0.019	0.001	0.132	0.3	0.114	0.043	0.033	2420	18.9
E-11	2018	NOV	ESTIAJE	10/11/2018	6.2	3.4	48.6	1.8	7.7	0.05	0.004	0.001	0.335	0.178	0.1	0.006	0.006	2440	14.5
E-11	2018	OCT	ESTIAJE	8/12/2018	6.24	4.3	42.2	1.8	7.76	0.061	0.004	0.001	0.069	0.184	0.161	0.035	0.006	2270	12.8
E-11	2018	DIC	AVENIDA	15/12/2018	6.3	3.3	51.5	1.8	7.67	0.032	0.004	0.001	0.24	0.129	0.097	0.006	0.005	2360	16
E-11	2019	ENE	AVENIDA	24/01/2019	6.64	3.3	22.5	1.8	8.34	0.602	0.028	0.001	0.185	1.333	0.126	0.006	0.034	156	12.7
E-11	2019	FEB	AVENIDA	9/02/2019	6.6	3.4	23	1.8	7.86	1.792	0.04	0.001	0.248	2.581	0.247	0.006	0.132	481	13
E-11	2019	MAR	AVENIDA	9/03/2019	5.87	2.6	9	1.8	7.98	0.226	0.014	0.001	0.224	0.485	0.293	0.015	0.024	2280	15.8
E-11	2019	ABR	AVENIDA	15/04/2019	6.2	2.6	18.7	1.8	8.12	0.101	0.011	0.001	0.205	0.415	0.247	0.015	0.01	1198	14
E-11	2019	JUN	ESTIAJE	3/05/2019	6.33	2.6	28.2	1.8	7.73	0.078	0.005	0.001	0.3	0.294	0.121	0.015	0.007	1808	14.5

E-11	2019	MAY	AVENIDA	7/06/2019	5.19	2.6	31.2	1.8	7.8	0.003	0.002	0.001	0.274	0.092	0.059	0.006	0.003	2480	12.4
E-11	2019	AGO	ESTIAJE	5/07/2019	6.36	2.6	25	1.8	7.68	0.003	0.003	0.001	0.45	0.14	0.055	0.012	0.004	1808	11.9
E-11	2019	JUL	ESTIAJE	19/08/2019	6.65	2.6	61.6	1.8	7.91	0.028	0.003	0.001	2.106	0.145	0.241	0.017	0.005	2120	10.4
E-11	2019	SEP	ESTIAJE	3/09/2019	6.45	2.6	11.1	1.8	8.07	0.003	0.002	0.001	0.235	0.156	0.159	0.039	0.003	2420	13.9
E-11	2019	OCT	ESTIAJE	10/10/2019	6.04	2.6	47.5	1.8	8.05	0.003	0	0.001	0.204	0.016	0.089	0.026	0.002	2440	15.6
E-11	2019	NOV	ESTIAJE	8/11/2019	6.23	2.6	47.8	1.8	7.98	0.003	0.004	0.001	0.084	0.11	0.501	0.042	0.003	2270	12.8
E-11	2019	DIC	AVENIDA	3/12/2019	6.81	2.6	46	2	8.11	0.026	0.003	0.001	0.02	0.12	0.264	0.038	0.004	156	12.4
E-11	2020	ENE	AVENIDA	9/01/2020	6.09	2.6	50.6	1.8	7.92	0.128	0.006	0.001	0.046	0.284	0.449	0.006	0.008	481	14.5
E-11	2020	FEB	AVENIDA	14/02/2020	6.29	2.6	13.2	1.8	7.79	1.16	0.024	0.002	0.166	2.969	0.283	0.012	0.018	1198	12.3
E-11	2020	MAR	AVENIDA	6/03/2020	6.27	2.6	18.6	4.5	7.32	1.507	0.052	0.003	0.272	6.373	0.386	0.023	0.071	1808	12.9
E-11	2020	JUN	ESTIAJE	11/06/2020	6.37	2.6	5.6	1.8	7.68	0.178	0.004	0.001	0.073	0.278	0.113	0.012	0.011	2480	14.4
E-11	2020	JUL	ESTIAJE	23/07/2020	6.61	2.6	4.5	79	7.51	0.003	0.003	0.001	0.01	0.117	0.265	0.02	0.004	1808	7.7
E-11	2020	AGO	ESTIAJE	8/08/2020	6.82	2.6	16.6	1.8	7.65	0.022	0.003	0.001	0.007	0.17	0.188	0.031	0.005	2120	11.1
E-11	2020	SEP	ESTIAJE	8/09/2020	6.59	3.2	15.7	4.5	7.68	0.003	0.008	0.001	0.019	0.136	0.244	0.047	0.01	2420	12.1
E-11	2020	OCT	ESTIAJE	8/10/2020	6.6	2.6	4.5	1.8	8.27	0.075	0.009	0.001	0.03	0.223	0.169	0.012	0.013	2440	11.5
E-11	2020	NOV	ESTIAJE	11/11/2020	6.15	2.6	15.7	1.8	7.59	0.057	0.008	0.001	0.052	0.204	1.225	0.161	0.014	2270	14.6
E-11	2020	DIC	AVENIDA	12/12/2020	5.49	2.6	17.1	1.8	7.59	0.168	0.01	0.001	0.042	0.534	0.311	0.024	0.041	2280	18.4
E-7	2016	ENE	AVENIDA	21/01/2016	6.44	2.6	18.16	79	8.52	0.4	0.01	0	0.53	2.38	0.63	0.03	0.06	362	12.7
E-7	2016	FEB	AVENIDA	19/02/2016	5.88	2.6	15.08	7.8	8.27	0.62	0.02	0	0.05	2.68	0.34	0.01	0.04	362	13.6
E-7	2016	MAR	AVENIDA	9/03/2016	6.82	2.6	32.7	7.8	8.2	0.15	0.01	0	0.04	0.96	0.24	0.01	0.02	589	14.1
E-7	2016	ABR	AVENIDA	11/04/2016	6.23	2.6	14.39	220	8.62	2.26	0.02	0.01	0.19	3.27	2	0.03	0.04	922	12.7
E-7	2016	MAY	AVENIDA	24/05/2016	4.99	2.6	20.82	60	8.27	0.1	0.01	0	0.37	1.5	0.34	0.02	0.01	1232	13.6
E-7	2016	JUN	ESTIAJE	15/06/2016	4.72	2.6	17.55	9	8.36	0.15	0.01	0.01	0.04	1.14	4.41	0.1	0.006	986	15.3
E-7	2016	JUL	ESTIAJE	22/07/2016	6.3	2.6	20.79	110	8.69	0.08	0.01	0	2.25	0.85	2.2	0.1	0.009	1890	9.2
E-7	2016	AGO	ESTIAJE	16/08/2016	6.54	2.6	22.4	95	8.5	0.11	0.01	0	2	1	2	0.16	0.021	2037	12.2
E-7	2016	SEP	ESTIAJE	13/09/2016	4.73	2.6	26.72	28	8.2	3	0.02	0	21.79	4	1	0.04	0.026	1431	18
E-7	2016	OCT	ESTIAJE	17/10/2016	5.89	2.6	18.4	1200	8.67	2.08	0.01	0	3.01	2294	2.28	0.02	0.044	1265	11.5

E-7	2016	NOV	ESTIAJE	16/11/2016	4.9	2.6	26.97	194	8.48	0.17	0.01	0	9.11	1467	2.02	0.02	0.012	1348	16.3
E-7	2016	DIC	AVENIDA	3/12/2016	6.2	2.6	23.07	56	8.9	0.23	0.01	0	10.01	0.68	2.05	0.07	0.014	1977	12
E-7	2017	ENE	AVENIDA	5/01/2017	5.8	2.6	22.05	8	7.8	0.043	0.025	0.002	0.112	5.84	1.406	0.019	0.099	753	14
E-7	2017	FEB	AVENIDA	6/02/2017	6.43	2.6	28.29	78	8.43	0.225	0.015	0.001	0.095	2773	1.345	0.002	0.025	974	12.7
E-7	2017	MAR	AVENIDA	8/03/2017	6.34	2.6	27.92	920	8.51	0.145	0.043	0.003	0.219	4718	1.097	0.002	0.072	358	13.2
E-7	2017	ABR	AVENIDA	8/04/2017	6.9	2.6	26.79	222	8.6	6.702	0.014	0.002	0.055	2757	1.359	0.007	0.034	454	10
E-7	2017	MAY	AVENIDA	12/05/2017	4.8	2.6	23.55	84	6.4	0.112	0.041	0.224	0.865	21.45	11.36	0.009	0.011	1131	13
E-7	2017	JUN	ESTIAJE	15/06/2017	2.7	2.6	17.5	5	8.1	0.103	0.061	0.002	0.267	13.5	7.367	0.02	0.194	1874	14
E-7	2017	JUL	ESTIAJE	27/07/2017	2.7	2.6	14.96	184	8.5	0.168	0.016	0.001	2011	1725	7.52	0.02	0.037	2031	12.9
E-7	2017	AGO	ESTIAJE	3/08/2017	2.72	2.6	20.43	1100	8.68	0.1	0.008	0.001	2824	0.917	6.594	0.028	0.012	1795	10.75
E-7	2017	SEP	ESTIAJE	11/09/2017	3.62	2.6	28.58	56	8.33	21.62	0.058	0	0.555	19.7	5.484	0.027	0.123	1663	12.8
E-7	2017	OCT	ESTIAJE	9/10/2017	2.27	2.6	19.67	13	7.76	0.952	0.011	0	0.213	1751	5.447	0.018	0.02	2107	11.8
E-7	2017	NOV	ESTIAJE	7/11/2017	6.03	2.6	21.6	116	8.52	0.099	0.006	0.003	2493	0.483	5.935	0.002	0.013	2110	11.9
E-7	2017	DIC	AVENIDA	6/12/2017	6.02	2.6	19.79	184	8.43	0.091	0.007	0.002	2365	0.394	5.025	0.002	0.014	2110	11.9
E-7	2018	ENE	AVENIDA	4/01/2018	5.99	2.6	27.72	36	8.64	1.331	0.01	0.001	0.051	3.815	2.59	0.002	0.019	691	10.8
E-7	2018	FEB	AVENIDA	16/02/2018	5.82	2.6	20.27	70	8.16	0.233	0.02	0.002	0.081	3.816	3.435	0.006	0.02	785	14.1
E-7	2018	MAR	AVENIDA	19/03/2018	6.81	2.6	8.1	7900	8.29	1.354	0.021	0.001	0.065	4.04	1.213	0.006	0.019	455	13.8
E-7	2018	ABR	AVENIDA	11/04/2018	5.97	2.6	23.07	194	7.33	0.816	0.141	0.013	0.878	27.92	9.614	0.006	0.038	620	9.1
E-7	2018	JUN	AVENIDA	9/05/2018	5.49	2.6	9.3	130	8.07	0.294	0.012	0.001	0.209	2.26	3.566	0.013	0.026	1107	7.3
E-7	2018	MAY	ESTIAJE	9/06/2018	6.91	2.6	28.58	60	8.34	0.259	0.019	0.002	0.098	4.159	2.144	0.006	0.027	457	11.5
E-7	2018	AGO	ESTIAJE	10/07/2018	4.85	2.6	32.3	540	8.32	5.145	0.014	0	3.578	3.911	5.983	0.013	0.03	1481	11.1
E-7	2018	JUL	ESTIAJE	11/08/2018	4.17	2.6	11.7	1.8	8.44	0.822	0.013	0.001	9.353	2.337	2.44	0.006	0.018	1363	8.9
E-7	2018	SEP	ESTIAJE	7/09/2018	4.62	2.6	27.5	1400	8.13	0.126	0.008	0.001	1.213	2.125	6.6	0.011	0.032	1532	16.8
E-7	2018	NOV	ESTIAJE	10/11/2018	7	0.646	23.55	154	8.07	296.213	0.043	2.474	1.529	0.002	0.032	0	0.002	1284	5.15
E-7	2018	OCT	ESTIAJE	8/12/2018	6.29	3.8	40.3	23	7.99	0.674	0.012	0.002	0.068	3.341	3.185	0.011	0.015	709	14.8
E-7	2018	DIC	AVENIDA	15/12/2018	16	0.837	22.05	6	7.97	300.615	0.005	1.975	2.178	0.002	0.016	0	0.002	1498	5.65
E-7	2019	ENE	AVENIDA	24/01/2019	6.55	3.3	17.9	1.8	8.17	0.498	0.018	0.002	1.437	2.198	3.688	0.022	0.016	1267	8.5

E-7	2019	FEB	AVENIDA	9/02/2019	6.64	2.6	13.5	33	8.31	0.382	0.008	0.001	0.094	1.401	0.707	0.006	0.013	352	13.7
E-7	2019	MAR	AVENIDA	9/03/2019	6.28	2.6	9.6	790	7.99	0.314	0.013	0.003	0.053	4.352	1.072	0.006	0.021	303	11.6
E-7	2019	ABR	AVENIDA	15/04/2019	6.27	2.6	17.9	7900	7.97	37.075	0.154	0.005	0.259	32.066	7.582	0.006	0.304	951	10.5
E-7	2019	JUN	ESTIAJE	3/05/2019	6.26	2.6	18.7	2	8.11	0.152	0.013	0.003	0.158	1.878	11.214	0.006	0.016	1517	13.3
E-7	2019	MAY	AVENIDA	7/06/2019	4.9	2.6	14	700	8.09	0.646	0.013	0.006	0.171	2.425	20.21	0.029	0.033	2350	13.8
E-7	2019	AGO	ESTIAJE	5/07/2019	6.24	2.6	13.1	49	8.24	0.427	0.017	0.003	0.2	1.646	12.657	0.025	0.02	2700	10.6
E-7	2019	JUL	ESTIAJE	19/08/2019	5.98	2.6	27.1	4.5	8.13	0.102	0.007	0.011	0.163	1.03	23.774	0.038	0.01	3.48	13.2
E-7	2019	SEP	ESTIAJE	3/09/2019	6.33	2.6	29	13	8.3	19.213	0.039	0.007	0.167	17.457	21.592	0.024	0.127	2920	10.1
E-7	2019	OCT	ESTIAJE	10/10/2019	8.21	2.6	28.4	4900	8.21	6.154	0.014	0	0.175	5.181	1.963	0.013	0.017	831	13.5
E-7	2019	NOV	ESTIAJE	8/11/2019	6.02	2.6	20.1	790	8.22	0.117	0.007	0.01	0.066	1.046	20.68	0.026	0.013	3260	11.4
E-7	2019	DIC	AVENIDA	3/12/2019	6.83	2.6	39.4	2400	8.06	22.367	0.052	0.003	0.119	22.716	5.97	0.025	0.099	711	13.5
E-7	2020	ENE	AVENIDA	9/01/2020	4.17	2.6	4.5	1.8	6.89	0.043	0.005	0.023	0.049	24.981	14.474	0.006	0.006	856	14.2
E-7	2020	FEB	AVENIDA	14/02/2020	6.64	2.6	24.8	330	8.23	0.225	0.008	0.001	0.029	1.333	3.64	0.006	0.02	663	12.5
E-7	2020	MAR	AVENIDA	6/03/2020	6.37	2.6	17.5	3300	7.87	0.145	0.011	0.005	0.053	4.882	11.238	0.015	0.012	1198	12.2
E-7	2020	JUN	ESTIAJE	11/06/2020	4.99	2.6	36.5	2	7.08	6.702	0.017	0.032	0.048	22.751	69.049	0.026	0.036	3310	11
E-7	2020	JUL	ESTIAJE	23/07/2020	5.61	2.6	22.4	1300	8.11	0.112	0.009	0.002	0.194	1.779	22.721	0.024	0.011	2290	7.4
E-7	2020	AGO	ESTIAJE	8/08/2020	6.09	2.6	26.7	490	7.91	0.103	0.008	0.001	0.087	1.728	24.24	0.041	0.008	2520	7.9
E-7	2020	SEP	ESTIAJE	8/09/2020	6.1	2.6	29	2	8.14	0.082	0.014	0.005	0.259	1.268	45.837	0.061	0.012	3820	9.8
E-7	2020	OCT	ESTIAJE	8/10/2020	5.52	4.8	27.4	790	8.14	6.976	0.02	0.005	0.059	6.727	30.316	0.037	0.049	3600	9.2
E-7	2020	NOV	ESTIAJE	11/11/2020	6.64	2.6	22.5	330	8.18	0.513	0.009	0.002	0.057	1.727	10.175	0.055	0.01	2290	16.6
E-7	2020	DIC	AVENIDA	12/12/2020	5.59	2.6	35.9	110	8.3	0.245	0.005	0.003	0.054	1.832	15.051	0.052	0.017	2590	12.7

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 260 -2021-DACIA-DAFCA-U.
CIENTÍFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 17 de diciembre del 2021

VISTO:

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: ***EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS Y CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN MEDIANTE ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL***, presentado por:

- **Hector Rodrigo Gallardo Melgar**
- **Gino Mauricio Galarreta Ochoa**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.


Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: ***EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE METALES PESADOS Y CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN JUAN MEDIANTE ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL*** y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Wilfredo Celestino Baldeón Quispe** como asesor(a) para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,


Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental