

Actividades económicas y calidad del agua del Río Moche, puente Constancia y puente Concón**Economic activities and water quality of the Moche river, puente Constancia y puente Concon**DIAZ DIAZ, Natalia del Pilar¹; GONZÁLEZ CASTRO, Jeanette Baldramina²

Universidad Nacional de Trujillo

RESUMEN

La continua presión en las aguas superficiales por las actividades antrópicas, puede afectar de forma negativa la calidad de los recursos hídricos, este impacto se refleja la contaminación de aguas que constituye un riesgo a la salud de las personas y la calidad de productos agrícolas, agropecuarios e hidrobiológicos. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la relación entre las actividades económicas y la calidad del agua del río Moche. Se utilizó como instrumento fichas de observación, se realizó un recorrido del área de estudio y se establecieron dos puntos de monitoreo, donde se evaluaron las actividades económicas y las características físicas, químicas y biológicas del agua en época de avenida y época de estiaje en el puente Constancia (RMoche2) y el puente Concón (RMoch6), a partir de las actividades económicas y la calidad del agua; la presencia de pasivos ambientales mineros, depósitos de relaves, bocaminas y depósitos de escombros mineros, además de la presencia de residuos sólidos ubicados en el área de estudio, constituyen valores elevados de metales pesados, principalmente, que superan a los establecidos en los Estándares de Calidad de Agua, aprobado mediante D.S N° 004-2017-MINAM.

Palabras clave: Calidad del agua, metales pesados, relaves, actividades económicas.

ABSTRACT

The continuous pressure on surface water from anthropic activities can adversely affect the quality of water resources, this impact reflects the pollution of water that constitutes a risk to human health and the quality of agricultural, agricultural and hydrobiological products. This research aimed to determine the relationship between economic activities and the water quality of the Moche River. Observation cards were used as an instrument, a tour of the study area was made, and two monitoring points were established, where economic activities and physical characteristics were evaluated, chemical and biological water in flood and dry season on the Constantia bridge (RMoche2) and the Concón bridge (RMoch6). The relationship between economic activities and water quality is directly proportional; the presence of environmental mining liabilities, tailings deposits, mining tailings and debris deposits, in addition to the presence of solid waste located in the study area, are high values of heavy metals, mainly, which exceed those established in the Water Quality Standards, approved by D.S N° 004-2017-MINAM.

Keywords: Water quality, heavy metals, tailings, economic activities.

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista UCV HACER Campus Chiclayo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

Recibido: 18 de agosto de 2022

Aceptado: 16 de noviembre de 2022

Publicado: 20 de diciembre de 2022

¹Magister en Gestión Ambiental, ndiazd@unitru.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-6564-4128>

²Doctor en Planificación y Gestión, Docente de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo, jeanette_jbgc@hotmail.com,

 <https://orcid.org/0000-0003-4661-7447>

INTRODUCCIÓN

La calidad de la masa de agua, superficial o subterránea depende de factores naturales como de la acción humana. Sin ella, la calidad del agua estaría afectada por factores naturales que inciden en la erosión del substrato mineral y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. La calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices o estándares de calidad del agua (ONU-DAES, 2014).

En Uruguay se ubica la cuenca del río Santa Lucía, es la principal fuente de abastecimiento hídrico, los efluentes de industrias, centros urbanos y establecimientos agropecuarios representan un problema ambiental. Los resultados de la investigación reflejan altas concentraciones de nitrógeno y fósforo inorgánico principal insumo utilizado por los productores rurales para la productividad de los agrícolas. También se identificó, que las fuentes urbanas de contaminación hídrica son de efluentes domésticos e industriales (Arocena, 2008).

La cuenca del Rímac se encuentra amenazada por diferentes vertimientos generados por las actividades antrópicas. En la cuenca alta se desarrolla actividad minera histórica y actual con explotación de Cu, Pb, Zn, Sb, Au, Ag. En la cuenca media el agua se aprovecha para agricultura y generación de energía finalmente en la cuenca baja, se encuentran asentadas las ciudades de Lima y Callao; sin embargo, también existen fábricas de productos químicos, textiles, papeleras, alimentos, curtiembres, residuos de construcción y de cerveza (Bedregal et al., 2010).

El río Rímac es receptor de metales provenientes de relaves de las actividades mineras que se desarrollan en la cuenca alta y de actividades industriales desarrollados en la cuenca media y baja y de vertimiento de aguas residuales domésticas generadas por los diferentes centros poblados que, en muchos casos, son vertidos al cuerpo receptor sin tratamiento. (Conforti, 2014). La Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del

Agua, en el año 2012, realizó el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos en la cuenca del río Rímac; los resultados son concluyentes; en la parte alta de la cuenca, las aguas del río Rímac contienen metales pesados como arsénico, cadmio, plomo, hierro, manganeso y aluminio en cantidades mayores a los estándares de Calidad de Agua-ECA- Categoría 1(para uso poblacional y recreacional) – A2(aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional el río Huaycoloro considerado afluente, contiene cromo, arsénico, aluminio, boro, hierro, bajo oxígeno y gran cantidad de sales, fósforo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), coliformes termotolerantes y totales, las concentraciones exceden los valores de la Categoría 1 - A2, de los ECA (D.S N° 002-2008-MINAM).

Asimismo, desde la Atarjea, ubicada en el distrito El Agustino, hasta su desembocadura en el mar se encuentran contaminadas con arsénico, cadmio, lomo, hierro, manganeso, aluminio, fosforo y con gran cantidad de coliformes termotolerantes, por descargas domésticas, desechos de residuos sólidos, las concentraciones han excedido los valores de la Categoría 1 - A2. En la cuenca del río Moche se realiza actividad minera tanto formal como informal, lo que ha traído como consecuencia que el agua del río Moche esté contaminada con relaves mineros, los mismos que contienen plomo, arsénico y cadmio entre otros metales tóxicos (González, 2011).

La Autoridad Nacional del Agua en noviembre del 2015 presentó los resultados del monitoreo de calidad de agua superficial de la cuenca río Moche, las concentraciones superan los valores ECA -Agua para categoría 3(riego de vegetales y bebidas de animales) para los siguientes metales Al, Cd, Mn, Fe, Pb y Cu. Los puntos de monitoreo de la parte bajan de la cuenca se caracterizan por la presencia de Coliformes termotolerantes, y Escherichia coli, que superan los ECA-agua de la categoría 3.

La presencia de estos microorganismos en el agua se debe principalmente a los vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento, provenientes de poblaciones (Márquez & Ortega, 2017). El Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI (2008), refiere que las actividades económicas son un conjunto de operaciones económicas que realizan las empresas

y/o establecimiento en las que se combinan recursos productivos tales como: mano de obra, equipos, materias primas, e insumos, con el objetivo de producir un conjunto homogéneo de bienes y/o servicios (Domínguez-Manjarrez et al., 2013).

En la investigación se ha utilizado la definición de actividades económicas del INEI, así como también la definición de calidad del agua (el concepto) de la Organización Mundial de la Salud - OMS, que refiere que la calidad del agua comprende; los procesos de caracterización y evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente, para lo cual se realiza la recolección de muestras de agua; asimismo se debe realizar la verificación y una comparación de los resultados obtenidos in situ y en laboratorio de análisis, con los estándares de calidad ambiental de agua. La variable Calidad de Agua, permitió la evaluación e identificación de fuentes contaminantes del río Moche, en los puntos de monitoreo en Puente Constanca y puente Concón (Ballester et al., 2014).

Las actividades económicas constituyen una fuente de contaminación de los recursos hídricos y la calidad del agua está referida a la evaluación de parámetros físicos químicos y microbiológicos (Maldonado et al., 2011); el problema de esta investigación fue (tuvo como problema identificar) ¿Cuál es la relación de las actividades económicas y calidad del agua del río Moche Puente Constanca – Puente Concón?

La evaluación del arsénico en variedades de arroz cultivadas en Australia refiere que la contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública (Huang et. al, 2014). Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa (Singh et al., 2010; Chen et al., 2013). Salas (2014) llevó a cabo la investigación para la determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú, llegando a concluir que la contaminación de las aguas superficiales por metales pesados es un problema ambiental.

Entre los metales de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en ambientes acuáticos figuran el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn). Los metales pesados pueden ser por efecto de fuentes naturales o antropogénicas, y se destacan por sus efectos tóxicos sobre la calidad del agua y los organismos acuáticos. Huaranga (2012) desarrolló una investigación referida a la contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú, el autor concluye que la mayor contaminación por metales pesados del agua a causa de los relaves mineros se presentó en la cuenca alta y el Fe fue el metal de mayor concentración durante el año de 1980. Los suelos al margen derecho de la cuenca media presentaron los mayores niveles de contaminación por metales pesados.

La cuenca del río Moche, en su recorrido, se encuentra afectada por pasivos ambientales, actividades mineras, industriales y poblacionales, las cuales pueden alterar la calidad del agua; que cuando se producen ocasionan impactos a los ecosistemas acuáticos y daños a la salud de la población. El conocimiento del estado de la calidad del agua del río Moche es posible obtenerlo realizando monitoreos, análisis y evaluaciones periódicas de diversos parámetros físicos, inorgánicos y biológicos inherentes a su calidad.

La investigación se justifica por ser de trascendencia social, pues beneficia a la población fundamentalmente a las entidades públicas estatales como ANA, OEFA, MINAM, Gobierno Regional y Locales para el diseño del planteamiento de estrategias de intervención conjunta para la recuperación ambiental de la cuenca. Es de carácter científico, porque tiene un enfoque del aspecto metodológico que permite establecer la relación entre actividades económicas y calidad de agua.

El objetivo general fue, determinar la relación entre las actividades económicas y calidad del agua del río Moche, puente Constanca y puente Concón, siendo los objetivos específicos i) Evaluar los parámetros físicos del río Moche Puente Constanca y Puente Concón, ii) Evaluar los parámetros inorgánicos del río Moche Puente Constanca – Puente Concón, iii) Evaluar los parámetros microbiológicos del río Moche Puente Constanca – Puente Concón, iv) Identificar las

principales fuentes que pueden afectar la calidad del agua del río Moche y v) Comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad de agua-ECA agua aprobados por el Ministerio del Ambiente.

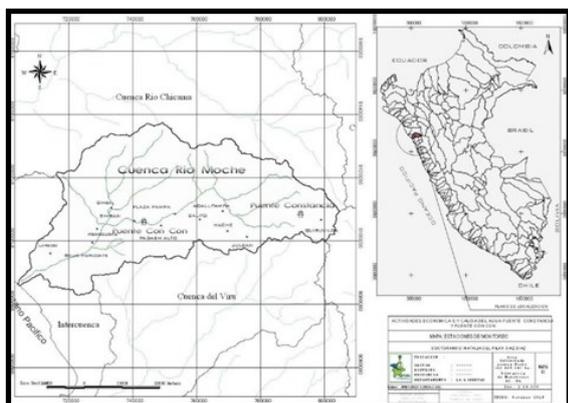
METODOLOGÍA

El objeto de estudio de la presente investigación es la calidad del agua del río Moche evaluada en los puntos de monitoreo: puente Constancia y puente Concón y su relación con las actividades económicas que se desarrollan en la zona de estudio. El río Moche nace en la Laguna Grande sobre los 3.988 msnm, en las cercanías de Quiruvilca, región La Libertad; su recorrido comprende parte de las provincias de Trujillo, Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco, tiene una extensión de 2,708 km², su caudal medio anual es de aproximadamente 9.5 m³/s que equivale a un volumen medio anual de 300 mm³ (Vargas, 2015), el agua del río Moche es utilizada para fines recreacionales y de agricultura principalmente.

Son afluentes del río Moche a la margen derecha: Lagunas Grande y San Lorenzo. Ríos: Motil, Chota, Huangamarca, Pollo, Otuzco, La Cuesta, Sinsicap y Quebrada Cushmun; a la Margen Izquierda: Quebrada San Felipe y Quebrada Agua Dulce. Para la presente investigación se tiene como ámbito de influencia a la población de los sectores de Puente Constancia y Puente Concón (Figura 1).

Figura 1

Plano de ubicación del área de estudio de la cuenca del río Moche.



La información de las actividades económicas evidenciadas en campo en RMoch2 y RMoch6, fueron registradas en la ficha de observación, esta información fue complementada con el Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planteamientos para la Reducción o Eliminación de la Contaminación de origen Minero en la Cuenca del río Moche realizado por el Ministerio de Energía y Minas y los resultados del monitoreo 2019 de la calidad del agua superficial en la cuenca río Moche.

Los monitoreos fueron realizados por la investigadora con el soporte técnico y logístico de 2 colaboradores: Primer monitoreo realizado el 14 y 15 de febrero, período estiaje, estaciones RMoch2-RMoch6; y el segundo monitoreo, desarrollado el 29 y 30 de noviembre, período avenida, estaciones RMoch2-RMoch6. El monitoreo de calidad del agua se desarrolló en etapas que a continuación describimos:

Premonitoreo: consistió en la planificación de actividades que se desarrollaron in situ y la elaboración de dos fichas: ficha de registro de parámetros y ficha de registro de campo.

Etapas de monitoreo: con el equipo GPSmap 76CSx Garmin se determinó la altitud y coordenadas de cada estación, antes de coleccionar las muestras, se enjuagaron los frascos estériles como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros microbiológicos, dejando un espacio del 10% del volumen para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias, in situ se determinó: el pH, oxígeno disuelto y conductividad, estos parámetros físicos fueron cuantificados con equipo multiparámetro HQ 40d marca HAC (SMEWW-APHA-AWWA-WEF) una vez tomada la muestra de agua, se procedió inmediatamente a adicionar el preservante a los frascos que serían analizados para parámetros inorgánicos: arsénico, cadmio, hierro, mercurio, plomo y zinc, los frascos fueron almacenados dentro de cajas térmicas (coolers) debidamente rotulados y de forma vertical para evitar la ocurrencia de derrames, los recipientes de vidrio se embalaron en bolsas poliburbujas; también se adicionó bolsas de hielo evitando la exposición de las muestras a la luz solar.

Terminada la toma de muestra en campo, se sellaron los coolers y se trasladaron al laboratorio, todo el procedimiento se realizó dentro de los tiempos establecidos para cada parámetro

considerado en el Ficha de Registro. Para el desarrollo de esta etapa se tuvo en consideración el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado mediante la R J N° 010-2016-ANA.

Etapa de posmonitoreo: Consiste en el procedimiento para la operación, mantenimiento y uso del software del equipo de absorción atómica ESPECTROFOTOMETRO AGILENT TECHNOLOGIES 200 SERIES AA Marca Agilet. Para el procesamiento de las muestras a analizar con sus respectivos controles de calidad. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida de la capacidad de ésta para transportar la corriente eléctrica. Para la investigación, la conductividad eléctrica de las estaciones se encuentra por debajo del ECA para agua categoría 3 D1 y D2 (Ministerio del Ambiente, 2017). El oxígeno disuelto, es un parámetro ambiental vital, porque su evaluación permite informar y/o reflejar la capacidad recuperadora de un curso de agua y la subsistencia de la vida acuática. La cantidad encontrada de oxígeno disuelto, como se muestra en la Tabla 5 (6.14 y 7.57 mg/L) estas concentraciones cumplen con los ECA para agua Cat. 3 D1 y D2 (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018).

Tabla 1
Parámetros físicos de la estación de monitoreo puente Constanca (RMoch2).

Altitud m.s.n.m	Ubicación	Estación de Monitoreo	Actividad Económica	Descripción de la actividad
3700	Pan American SilverSAC Mina Quiruvilca			La ANA señala la concesión minera QUIRUVILCA se encontraba en abandono y no realizaba el tratamiento de sus aguas ácidas. La Poza de Aguas Ácidas POND se encontró llena, rebosando al río Moche. La Cancha de Lodos San Felipe presentaba erosión y filtraciones, encontrándose inoperativa, disponiendo también aguas ácidas por reboso hacia el río Moche.
3552	Margen izquierda del río Moche			Pasivo minero- Minera Almirvilca
3552	Margen derecha del río Moche.			Existe una cancha de relaves, que, con el movimiento sísmico ocurrido, ocasionó que una gran masa de relaves fuera arrastrada hacia la zona del río
3300	Quebrada Julcán y el río Salpo	Puente Constanca	Minería	Pasivo minero- Mina La Paloma
3000	Motil			Comprende dos unidades de desarsenización para minerales como arsénico, plata, oro y cobre. Pasivos de pequeña minería Se encuentran acumulaciones de minerales en cancha y afloramientos. Concentradora Mótil Se desarrollan procesos de beneficio amalgamación de minerales de minas, La Paloma, Mache y Salpo

Tabla 2
Parámetros físicos del puente Concón (RMoch6).

Altitud m.s.n.m	Ubicación	Estación de Monitoreo	Actividad Económ.	Descripción de la actividad
1500	Samme			Pasivo ambiental minero se observan zonas erosionadas que llegan a la margen derecha del Río Moche. Comprende dos unidades de desarsenización para minerales como arsénico, plata, oro y cobre.
800	Canteras de caliza de Simbal		Minería	En el Caserío Concón se identificó un vertimiento de aguas residuales provenientes de un lavadero de carros,
820	Caserío Concón	Puente Concón	Comerc.	denominado Lavadero de carros Ávila, con descarga a la margen derecha del Río Moche
800	Altura de Shorey			Residuos domésticos, papeles, cartones, latas, trapos, plásticos, vidrios y cenizas del carbón de piedra empleado para calefacción.

En las Tablas 1 y 2 se presentan las actividades económicas identificadas in situ y que fueron registradas en la ficha de registro de campo. En ambas estaciones de estudio predominan las

actividades de minería, excepto en puente Concón donde se identificó además el comercio como actividad económica. En la Tabla 3, relación de las actividades económicas y calidad de agua río Moche en las estaciones de monitoreo de puente Constancia - puente Concón.

Tabla 3
 Relación de las actividades y calidad de agua río Moche en las estaciones de monitoreo de Puente Constancia y puente Concón.

Puntos de Monitoreo	Actividades económicas	Calidad de agua
Puente Constancia RMoch2	Actividades mineras Concesión minera Quiruvilca en abandono no existe tratamiento de sus aguas ácidas. La Poza de Aguas Ácidas rebosa al río Moche.	La estación RMoch2, se caracteriza por presencia de pasivos mineros, depósitos de relaves, bocaminas, depósitos de escombros, cancha de lodos, poza de aguas acidas, aguas de rebose, todos estos elementos guardan relación directa y son causantes de la presencia de metales pesados en la estación Puente Constancia causantes de la afectación de la calidad del agua.
	Pasivo minero- Mina La Almirvilca Cancha de relaves, arrastrada hacia la zona del río Moche.	
Puente Concón RMoch6	Pasivo minero- Mina La Paloma Cancha de desarsenización que era utilizada para beneficio de minerales como arsénico, plata, oro y cobre.	Las actividades que caracterizan a esta estación son de minería hasta los 800 m.s.n.m; sin embargo, también se encontraron actividades de comercio que ocasionan residuos sólidos y efluentes producto de lavado de vehículos en el caserío Concón.
	Pasivos de pequeña minería Acumulaciones de minerales en cancha y afloramientos.	
	Concentradora Móvil Procesos de beneficio de amalgamación de minerales.	
	Actividades Mineras Samme Pasivo ambiental minero con presencia de zonas erosionadas que llegan a la margen derecha del río Moche.	
	Canteras de caliza de Simbal Comprende dos unidades de desarsenización para minerales como arsénico, plata, oro y cobre.	

En la Tabla 3, se muestra la relación que existe entre las actividades económicas y calidad de agua río Moche reportados en los puntos de monitoreo de puente Constancia y puente Concón, destacando la actividades mineras y comercio, principalmente.

Tabla 4
 Resultados de los parámetros de calidad de agua del Puente Constancia (RMoch 2) y puente Concón (RMoch 6) del río Moche.

		Coordenadas geográficas UTM				
		E	N	E	N	
Parámetros		749727.84	9113928.22	790953.03	9116156.86	
		RMoch2 Puente Constancia		RMoch6 Puente Concón		
		1ºMon Feb 2019	2º Mon Nov 2019	1ºMon Feb 2019	2ºMon Nov 2019	
Par. físicos	pH	Unidad de pH	4.07	2.86	6.66	3.22
	Conductividad	uS/cm	700	1046	250	652
	Oxígeno disuelto	mg/L	5.66	6.62	6.74	8.39
	Arsénico (As)	mg/L	0.412	1.244	0.184	0.188
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.019	0.033	0.007	0.054
Par. químicos	Hierro (Fe)	mg/L	46.545	80.5	17.567	9.25
	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.001
	Plomo (Pb)	mg/L	0.373	0.130	0.269	0.157
	Zinc (Zn)	mg/L	5.177	20.5	1.451	56.9
Par. microbiológicos	Colif Termotol	NMP/100mL	4.5	2	230	550

En la Tabla 4, se evidencia los resultados obtenidos de los parámetros físicos: el potencial de Hidrogeno (pH) presentó un valor de 2.86, indicador de aguas ácidas, el cual se encuentra fuera del ECA -Agua categoría 3 que indica debe encontrarse con un valor entre 6,5 a 8,5 para la Subcategoría D1 (riego de vegetales) y en la estación RMoch6 el valor es de 6.66 que corresponde al primer monitoreo del mes de febrero el cual se encuentra dentro del valor de ECA-Agua. Se obtuvo un valor 1046 uS/cm en la estación RMoch2, en el mes de noviembre y 250 uS/cm en la estación RMoch6 en el mes de febrero, el oxígeno disuelto tuvo mayores valores en RMoch6 donde se registró 8.36 mg/L en el mes de noviembre mientras que el menor valor fue de 5.66 mg/L en el mes de febrero y corresponde a RMoch2.

Para los parámetros químicos: en la estación RMoch2 en el mes de noviembre se obtuvo concentraciones de 1.244 mg/L para el arsénico y 0.188 mg/L ambos valores exceden el ECA - Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 1 mg/L. El cadmio presenta una concentración alta según el registro de la estación RMoch6 007 mg/L y la mínima de 0.054 mg/L en la estación RMoch6. Ambos exceden el ECA -Agua, el

valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 0,01 mg/L. El hierro presentó concentraciones de 80.5 mg/L en la estación RMoch2 y 9.25 mg/L en RMoche6. Los valores mencionados exceden el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 5 mg/L. La concentración de plomo registrada en la estación RMoch2 con un valor de 0.373 mg/L este registro corresponde al mes de febrero y para la estación RMoch6 se obtuvo como resultado un valor de 0.157 mg/L, valores que exceden el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 D1 es 0,05 mg/L.

El zinc presentó, concentraciones de 56.9 mg/L en la estación RMoche6 y corresponde al monitoreo efectuado en el mes de noviembre y la concentración mínima registró un valor de 1.451 mg/L que corresponde al monitoreo del mes de febrero, este valor excede el ECA –Agua, el valor aprobado para la Categoría 3 Subcategoría D1 (riego de vegetales) es 2 mg/L. Los valores registrados evidencian la afectación a la calidad del río Moche producto de los efluentes mineros provenientes de la Unidad Minera Quiruvilca, lo que se agudiza con la presencia de la minería informal y/o ilegal en la zona. En este punto las aguas presentaban una coloración rojiza lo que determina la presencia de hierro, evidenciándose el impacto negativo en la calidad del agua por metales pesados (ANA, 2019). Parámetros microbiológicos: coliformes termotolerantes presento una concentración de 2 NMP/100mL, en la estación de monitoreo RMoch2 en el de noviembre y 550 NMP/100mL para la estación RMMoch6. Si bien no excede el ECA-Agua 1000 NMP/100mL, podría ser una consecuencia de las aguas residuales domésticas o excretas de animales de la zona. El mercurio registró concentraciones <0.0001 en ambas estaciones, esto podría deberse al hecho que en la minería ilegal no se utiliza este metal.

Los resultados muestran altas concentraciones de arsénico (0.188 mg/L) en la estación Puente Concón, este elemento es considerado como metal pesado venenoso y muy tóxico, en aguas naturales se presenta como arseniato (AsO_4^{3-}) y arsenito (AsO_2^{2+}); su presencia puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas. En algunos puntos de muestreo de las cuencas hidrográficas evaluadas la presencia del arsénico debido a su aportación litológica de la zona. La actividad minera aporta de manera puntual la

presencia de este elemento en las aguas. (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

El cadmio es un elemento que se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro y como impureza de minerales de zinc y plomo. Su presencia en el agua se da debido a las actividades mineras y de fundición. De la tabla 3, el resultado de Cadmio es de (0.054 mg/l), por tanto, supera el ECA para agua Cat 3, riego de vegetales D1 (MINAM, 2017), el resultado del hierro (46,545 mg/L) el cual se presenta en la tabla 5, el hierro es un elemento químico que forma un compuesto conocido como pirita, en contacto con el agua y el aire la pirita se oxida formando ácido sulfúrico el cual se conoce como drenaje ácido de mina (DAM) y hierro disuelto que es altamente tóxico porque acidifica las aguas, lo que causa la interrupción de la cadena trófica, cuyo efecto puede reflejarse en la desaparición de especies de flora y fauna (AMAS, 2011).

Tabla 5
Valores de parámetros físico-químicos y microbiológicos versus estándares de calidad de agua – ECA para categoría 3-D1.

Parámetros		Unidad	ECA Cat.3- D1	RMoch2	RMoch6
Parámetros físicos	pH	de pH	6.5-8.5	3.47	4.94
	Conductividad	uS/cm	2500	873	451
	Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	6.14	7.57
	Arsénico (As)	mg/L	0.1	0.828	0.186
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.026	0.030
Parámetros químicos	Hierro (Fe)	mg/L	5	63.523	13.409
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.001	<0.0005	<0.0005
	Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.252	0.213
	Zinc (Zn)	mg/L	2	12.838	29.175
Parámetros Microbiológicos	Colif Termotol	NMP/100mL	1000	3.25	390

La Tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros físicos. Se concluye que en las estaciones estudiadas el pH es ácido, oscilando entre 2.86 y 6.66 unidades de pH. Los resultados de la conductividad se encuentran dentro del estándar establecido. El oxígeno disuelto del río Moche es adecuado para riego de plantas y bebidas de animales. Los resultados de los parámetros químicos presentan altas concentraciones de arsénico en la estación RMoch2 con valores altos de 0.828 mg/L por su parte en la estación RMoche6 se tiene un valor de 0.186 mg/L, ambos resultados superan el valor de 0.1 mg/L establecido en el ECA-Agua.

Así mismo se obtuvo un valor de 0.026 mg/L para el cadmio, en la estación RMoch2 y 0.03 mg/L para la estación RMoch6, concluyendo que el resultado supera al 0.01 mg/L del ECA-Agua, los resultados para el parámetro hierro fueron de 13 mg/L y 63 mg/L, estos valores superan los establecidos en el ECA Agua (5 mg/L). Para el plomo se obtuvo concentraciones de 0.252 mg/L en la estación RMoch2 y de 0.213 para la estación RMoch6, en ambas estaciones exceden el estándar de 0.05 mg/L. Finalmente el zinc reportó una concentración de (29.175 g/L) en la estación RMoch2 y en RMoch6 se obtuvo un valor de 12.838 mg/L, en ambas estaciones los valores son elevados y superan el estándar de 2 mg/L.

Sin embargo, la concentración de mercurio obtuvo valores inferiores a 0.0005 mg/L por lo que este parámetro se encuentra dentro de los valores establecidos por la norma de 0.001 mg/L. El reporte para el parámetro microbiológico, coliformes termo tolerantes, mostró estar por debajo del límite establecido por el ECA-Agua.

El resultado del plomo es de (0.373 mg/L), el nivel de concentración es elevado supera el ECA Cat 3, para agua (Ministerio del Ambiente, 2017), se trata de un elemento tóxico para los organismos acuáticos pero el grado de toxicidad varía mucho, según sea las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio. En los monitoreos en ríos de la selva realizado por la ANA, se han evidenciado la presencia de Plomo, cuyas concentraciones exceden los ECA-Agua. (ANA, 2018).

La Organización Mundial de la Salud, refiere que el límite permitido en el consumo diario de alimentos por el ser humano de plomo es de 0.010 mg/L. En esta investigación se tiene que los valores de este parámetro superan los ECA para agua y si tomamos en consideración que los agricultores de cuenca baja del río utilizan las aguas del río para el riego de sus cultivos como, por ejemplo; cultivos de piña, hortalizas, entre otros; siendo el caso de plomo un metal de fácil bioacumulación sobre todo en hortalizas y frutales, la ingesta de estos alimentos contaminados afecta la salud acumulándose en el ser humano. (OMS, 2006).

El zinc es un elemento que abunda en las rocas y minerales, está presente en cantidades en casi todas las aguas alcalinas superficiales, pero se

eleva su concentración en aguas ácidas, puede ser tóxico para los organismos acuáticos debido a su variación en concentración y a los factores según sean las características de la calidad del agua y de las especies bajo estudio (ANA, 2018). Para la presente investigación la concentración de Zinc fue de (5.177) mg/L, por lo tanto, no cumplen con los estándares de calidad de agua aprobada mediante D.S N° 004-2017- MINAM.

CONCLUSIONES

Se determinó la relación entre las actividades económicas y calidad del agua del río Moche, puente Constancia y puente Concón, permitió identificar las principales fuentes de contaminación del río son principalmente las actividades mineras y de comercio, directos responsables de la presencia de metales pesados causantes de la afectación de la calidad del agua del río.

Según la evaluación de los parámetros físico, inorgánicos y microbiológicos del río Moche en dos (2) estaciones, el Puente Constancia (RMoch2) y Puente Concón (RMoch6) donde los resultados obtenidos fueron comparados con el ECA-Agua Categoría 3: Riego de Vegetales y bebi-da de animales- Subcategoría D1: riego de vegetales-agua para riego no restringido donde se obtuvo resultados que los parámetros físicos de pH, conductividad exceden los límites permitidos; para los parámetros inorgánicos de arsénico, fierro, mercurio, plomo y Zinc también exceden los límites permitidos, mientras que para los parámetros microbiológico se encuentra por debajo de 1000 NMP/100 mL.

Se identificaron las principales fuentes que pueden afectar la calidad del agua del río Moche en las dos (2) estaciones: Puente Constancia (RMoch2) y Puente Concón (RMoch6), siendo la principal actividad la minería con presencia de metales pesados en el agua que se atribuye a vertimientos y/o desechos industriales de actividades de minería exclusivamente en el puente Constancia y las actividades mineras y de comercio en el puente Concón.

Se determino el índice de calidad de agua ECA en las dos (2) estaciones siendo para la estación del Puente Constancia (RMoch2) un índice de

REGULAR y para la estación del Puente Concón (RMoch6) un índice de BUENA.

REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2019). Resultado del monitoreo participativo de calidad de agua de la cuenca río Moche, La Libertad -Perú, noviembre 2019. <http://sial.segat.gob.pe/documentos/resultados-monitoreo-2019-calidad-agua-superficial-cuenca-rio-moche>
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). Informe Técnico N° 033-2020-ANA. AAA.HCH-AT/OEAU. Resultados del Monitoreo 2019 de la calidad del agua Superficial en la cuenca Río Moche. http://sial.segat.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/monitoreo_rio_moche_2019-2-25.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Resultados del monitoreo participativo de calidad de agua superficial en la cuenca del río Moche, La Libertad-Perú. <http://sial.segat.gob.pe/documentos/monitoreo-participativo-calidad-agua-superficial-cuenca-rio-moche>.
- Ballester, F., Llop, S., Querol, X. y Esplugues, A. (2014). Evolución de los riesgos ambientales en el contexto de la crisis económica. Informe SESPAS 2014. 28 (S1), pp. 51-57. <https://www.gacetasanitaria.org/es-evolucion-riesgos-ambientales-el-contexto-articulo-S0213911114000855>
- Conforti, N. (2014). Principios en la gestión de los recursos naturales compartidos por los estados del primigenio Mercosur. Latinoamérica. Revista de estudios Latinoamericanos (2), pp. 129-163. <http://www.scielo.org.mx/pdf/latinoam/n59/n59a6.pdf>
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (2014). Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005-2015: Calidad de agua. <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Domínguez-Manjarrez, C., Bravo-Álvarez, H. y Sosa-Echevarría, R. (2013). Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México. Ingeniería Investigación y Tecnología. Volumen XV (4), pp. 549-560. <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v15n4/v15n4a6.pdf>
- González, R. 2012. Los derechos humanos y el riesgo que causa el agua contaminada del río Moche en Trujillo, Perú. Revista Ciencia y Tecnología. Vol. 8, número 22, 181-197. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/200>
- Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V., & Huaranga Arévalo, F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. Scientia Agropecuaria, 3 (3), 235-247. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/86>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). IV Censo Nacional Económico 2008: ficha técnica. http://censos.inei.gob.pe/cenec2008/redatam_inei/doc/Ficha_Tecnica_del_IV_CENEC.pdf
- Maldonado, W., Baldiris, A. y Díaz, J. (2011). Evaluación de la calidad del agua en la Ciénaga de la Virgen (Cartagena, Colombia) durante el período 2006-2010. 9 (2), 79-87. <https://www.redalyc.org/pdf/1053/105322389007.pdf>
- Márquez, O. y Ortega, M. (2017). Percepción del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. Revista Mexicana de Opinión Pública. 12(23), pp. 41-59. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870730017300030>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA). El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Ministerio de Energía y Minas. (1997). Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planteamientos para la Reducción o Eliminación de la Contaminación de Origen Minero en la Cuenca del Río Moche. <http://sial.segat.gob.pe/documentos/estudio-evaluacion-ambiental-territorial-planteamientos->

reduccion

- Organización Mundial de Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable, incluye el primer apéndice. Vol. 1. Recomendaciones. Tercera edición.
- Rahn-Chique, K., Carrión, N. y Murillo, M. (2012). Determinación de cobre, magnesio y zinc en leucocitos mononucleares mediante espectrometría de absorción atómica con llama. *Investigación Clínica*. 53(4). 342-352. <https://www.redalyc.org/pdf/3729/372937690004.pdf>
- Ratto, M., Vega, C. y Garrido, T. (1983). Control microbiológico de leche y productos lácteos. *Métodos Recomendados*. Lima, Perú: Tipografía SESATOR.
- Salas, F. (2009). Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano*. 5 (4). <http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/14>
- Vargas, C. (2015). Gestión integrada del agua de riego en la cuenca baja del río Moche, Trujillo – Perú (Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería, Piura, Perú.