

Variación de la calidad del agua del río Coata según el Ica-PE por fuentes contaminantes

Variation in the quality of the water of the Coata river according to the Ica-PE by polluting sources

Recibido: agosto 15 de 2021 | Revisado: enero 13 de 2022 | Aceptado: julio 11 de 2022

Rosa-Amelia Callasaca-Pacheco^{1,a}
César-Julio Larico-Mamani^{2,b}
Diana-Lisbeth Fernandez-Mamani^{1,c}
Romario Cabana-Alanoca^{1,d}
José Luis Cahua-Alvarez^{1,e}
José Quiñonez Choquecota^{3,f}

ABSTRACT

Water is an irreplaceable resource for all forms of life, which varies in quality in different categories such as polluted, little polluted, good, regular and excellent due to the interaction with sources of pollution, in 2018 Peru adopted the Canadian model "ICA-PE" instrument with which the variation in the quality of surface waters can be evaluated. The objective of this study was to evaluate the variation in the water quality of the Coata River in the Maravillas Bridge - Coata Bridge section due to the existence of polluting sources. To establish the variation in water quality between the sampling points ACFC-01 and DCFC-03, the source of contamination FC-02 was located, and FC-04 between the points of DCFC-03 and DCFC-05, from from which water samples were obtained from which 18 parameters required for the calculation of the ICA-PE were analyzed, the parameters were analyzed according to the standardized methods for the analysis of drinking and residual water (AWWA-APHA-2001). The quality of the water of the Coata River for population use goes from the poor category to regular due to rainfall, while for the irrigation of vegetables and animal drink it remains in the regular category both in dry and rainy periods. The pollutant sources of the Coata River in the Maravillas bridge to Coata bridge stretch do not influence the water quality of the Coata River.

Keywords: Water quality, Pollution, Point source, Quality index

RESUMEN

La calidad del agua se clasifica en diferentes categorías en función a la presencia de fuentes contaminantes, en el 2018 el Perú adoptó el modelo canadiense "ICA-PE" instrumento con el que se puede evaluar la variación de la calidad de las aguas superficiales. En el presente estudio se evaluó la variación de la calidad del agua del río Coata en el tramo puente Maravillas - Puente Coata debido a la existencia de fuentes contaminantes. Para establecer la variación de la calidad del agua se identificaron los puntos de muestreo: ACFC-01, DCFC-03 y DCFC-05 y las fuentes de contaminación: FC-02, y FC-04, a partir de los cuales se analizaron 18 parámetros requeridos para el cálculo del ICA-PE, los parámetros se analizaron de acuerdo a los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual (AWWA-APHA-2001). Las aguas del río Coata en el tramo puente Maravillas y puente Coata se encuentran contaminadas principalmente por materia orgánica, la fuente contaminante FC-02, descarga sus aguas directamente hacia el río Coata, y aguas abajo se encuentra el punto de captación de agua para consumo humano de la ciudad de Juliaca (DCFC-03), el agua varía de la categoría mala a regular, para las actividades de riego de vegetales y bebida de animales (DCFC-05) se ubica en la categoría regular, los índices de calidad del agua en todos los puntos mejora con la precipitación pluvial. En el tramo del puente maravillas hacia el puente Coata las fuentes contaminantes varían la calidad del agua del río Coata.

Palabras clave: Calidad de agua, Contaminación, Fuente puntual, Índice de calidad.

¹ Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Puno, Perú .

² Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

³ Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú .

^a Correo: Callasac@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6767-9105>

^b Correo: Laricoster@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1758-9475>

^c Correo: diana.fz.isa@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-5110>

^d Correo: romini.ca.isa@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2684-8697>

^e Correo: jlcahuua200520@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2353-6513>

^f Correo: josequch@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1966-2146>

DOI: <https://doi.org/10.24039/cv20221011189>

Introducción

El agua es un recurso insustituible para toda forma de vida, y es aprovechada en función de los valores y concentraciones en las que se encuentren sus parámetros físicos, químicos y biológicos (Del Valle, 2017), y esto es evaluado de forma independiente para cada parámetro mediante los estándares de calidad ambiental para aguas (ECAs). Los ECAs para agua refieren a los valores y concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos que no representen riesgo a la vida ni al ambiente (MINAM, 2017).

Entre el 2008 y 2017, en el Perú se cuenta con tres versiones de ECAs para agua, siendo la última la versión la del 2017 (D.S. 004-2017-MINAM), instrumento que solo indica que un determinado parámetro se encuentre próximo y dentro de un rango establecido, condición que nos permite establecer la calidad del agua (ANA, 2018).

En la década de los setenta a los ochenta se desarrollaron índices de calidad para aguas superficiales tales como el Brown (1970), Dinius (1985), CCME-WQI (Canadá), UWQI (Europa), ISQA (España), y IAP (Brasil). Los índices de calidad del agua se obtienen a partir de la transformación de los valores y concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos y mediante cálculos de promedio geométrico y aritmético ponderado se establece la calidad del agua en diferentes categorías como mala, regular, contaminada, buena y excelente (Torres et. al, 2010).

En el caso de Perú en el 2018 para evaluar la calidad de las aguas superficiales se estableció el índice de

calidad de agua ICA-PE adaptado a partir del modelo canadiense. Este instrumento no solo nos permite establecer la calidad del agua superficial, también nos permite establecer la variación del agua por la interacción con agentes contaminantes, esto en el curso de un río (ANA, 2018)

El río Coata es la fuente principal de agua, a partir del cual se capta y trata para abastecer a la población de la ciudad de Juliaca; sin embargo, en el tramo puente Maravillas y puente Coata se observa dos fuentes contaminantes que pueden alterar la calidad del agua. Una de las fuentes contaminantes se descarga próximo al punto de captación de agua por parte de la Empresa Potabilizadora Seda Juliaca, y esta descarga presenta mayor magnitud en el periodo de lluvias y en ella está incorporada aguas residuales producto del colapso de los buzones y residuos sólidos inadecuadamente dispuestos; otra fuente contaminante es el río Torococha caracterizada porque en su cauce discurren aguas residuales domésticas pobremente tratadas (Callasaca, 2018).

Por lo descrito, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la variación de la calidad del agua del río Coata en el tramo puente Maravillas – Puente Coata debido a la existencia de fuentes contaminantes.

Método

En el río Coata se tomó el tramo de puente Maravillas a puente Coata, mediante la técnica de la observación se identificó dos fuentes de contaminación que alterarán la calidad del agua tal como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Fuentes de contaminación identificados en el río Coata, tramo puente Maravillas y Puente del Coata.

Código	UBICACIÓN UTM		Características de la fuente de contaminación
	Norte	Este	
FC-02	8290007	381295	Fuente de contaminación que resalta en el periodo lluvioso, proveniente del canal colector de aguas de precipitación pluvial ubicadas en la Avenida Huancané, y estas se mezclan con las aguas residuales que colapsan de los buzones, además de la mezcla con los residuos sólidos que ocasionalmente son dispuestas en el canal.
FC-04	8285432	385121	Fuente de contaminación caracterizada por la descarga de aguas residuales a través del río Torococha, en el que se vierten aguas residuales tratadas y no tratadas, además de residuos sólidos dispuestos de manera incorrecta en el cauce.

Nota. Características de las fuentes de contaminación del río Coata.

Identificadas las fuentes de contaminación en el río Coata, en el tramo puente Maravillas y Puente Coata, para evidenciar la variación de la calidad del agua se ubicó puntos de muestreo de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad del agua (ANA.2016), ACFC01 a DCFC03 (punto de captación para tratamiento

convencional por la Empresa Prestadora Seda Juliaca convencional) y el tramo entre los puntos DCFC03 a DCFC05 donde el agua es utilizada para actividades de riego de vegetales y bebida de animales tal como se detalla en la tabla 2 y figura 1.

Tabla 2

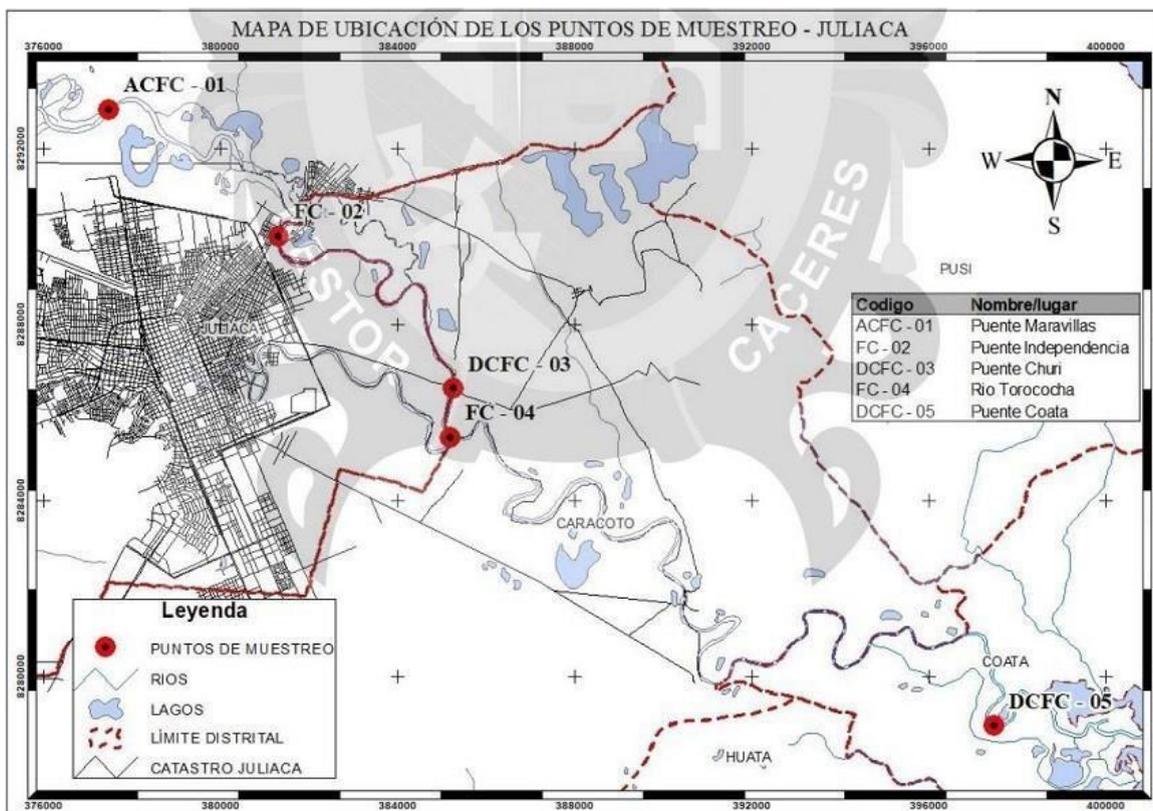
Ubicación de los puntos de muestreo.

Puntos de Muestreo	Lugar	UBICACIÓN UTM WGS-84 Zona 19L		Altitud (m.s.n.m)	Código
		Norte	Este		
1	Puente Maravillas	8292897	377450	3836	ACFC - 01
2	Puente Independencia	8290007	381295	3835	FC - 02
3	Puente Churi	8286548	385243	3833	DCFC - 03
4	Rio Torococha	8285432	385181	3831	FC - 04
5	Puente Coata	8278868	397479	3827	DCFC - 05

Nota. Altitud (Metros sobre el nivel del mar), UTM (Universal Transversal de Mercator), ACFC (Antes del contacto con la fuente de contaminación), FC (Fuente de contaminación), DCFC (Después de contacto con la fuente de contaminación).

Figura 1

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.



Nota. En el presente grafico se ilustra los cinco puntos de muestreo, ACFC (Antes del contacto con la fuente de contaminación), FC (Fuente de contaminación), DCFC (Después de contacto con la fuente de contaminación).

En función a los parámetros requeridos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua Perú (ICA-PE), se obtuvieron muestras de agua en los puntos de muestreo y se analizaron en el laboratorio de ensayo y control de

la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, conforme a lo indicado en los métodos, los mismos que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3

Métodos de los parámetros analizados en la calidad del agua de los puntos de muestreo.

Parámetros Analizados	Métodos de referencia	Unidad
Oxígeno Disuelto	Métodos normalizados para análisis de agua potable y residual APHA, AWWA, WPCF, 4500 O – Método G pg. 4 – 179.	mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	NMX – AA-30-SCFI – 2001.	mg/l
Conductividad Eléctrica (C.E)	Métodos Normalizados para análisis de agua potable y residual APHA, AWWA, WPCF, 2510 B PG. 2-65.	µS/cm
Cloruros	ITINTEC 214.021.1988, Método Argentó métrico.	mg/l
Potencial de Hidrogeno (pH)	Método instrumental directo, Potenciometría	Unidad de pH 20°C
Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro(B), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Magnesio (Mn), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Mercurio (Hg)	Determinación of Metals and Trace Elements in Water and Wastes By Inductively Coupled plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200,7.	mg/l
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Método de prueba NMX – AA – 028 – SFI – 200,1.	mg/l
Coliformes termotolerantes	Métodos normalizados para análisis de agua potable y residual APHA, AWWA, WPCF, 9221 Método C pg. 9-87.	NMP/100ml a 44.5 °C

Con los valores y/o concentraciones de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las muestras de agua analizadas en los puntos de muestreo, se procedió a realizar el cálculo del ICA-PE, la misma que es una herramienta matemática que integra y transforma los valores y concentraciones de los parámetros en una sola escala de medición de calidad (de 0 a 100) y esta es interpretada mediante la tabla 3 (ANA, 2018).

Tabla 4

Valores de índice y categorías clasificadas de la calidad de agua según el índice de calidad del agua Perú (ICA- PE).

ICA- PE	CATEGORÍAS	INTERPRETACIÓN
90 - 100	EXCELENTE	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75 - 89	BUENO	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45 - 74	REGULAR	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
30 - 44	MALO	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 - 29	PÉSIMO	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento.

Nota. En la tabla se muestra las categorías y su clasificación según los valores del índice de calidad del agua.

Resultados

Variación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del río Coata en el tramo Puente Maravillas – Puente Coata, en épocas de estiaje y avenidas

De tabla 5 se aprecia los valores obtenidos de los análisis en los diferentes puntos de muestreo siendo así los puntos con los valores más elevados en la época de estiaje punto de muestreo DFC-03 DQO 115,37 mg/l, DBO(5) 115,37 mg/l, Arsénico 0,325 mg/l Boro 4,065 mg/l Cadmio 0,005 mg/l Plomo 0,135 mg/l Mercurio 0,010 mg/l y el punto de muestreo DFC-05 DQO 1101,0 mg/l, DBO(5) 1101,0 mg/l , Arsénico 0,095 mg/l Boro 0,723

mg/l Cadmio 0,024 mg/l Plomo 0,095 mg/l Mercurio 0,021 mg/l de la misma forma los valores más elevados en la época lluviosa en los puntos muestreo DFC-03 DQO 353,6 mg/l, DBO(5) 168,5 mg/l, Arsénico 0,096 mg/l Boro 0,599 mg/l Cadmio 0,000 mg/l Plomo 0,056 mg/l Mercurio 0,005 mg/l y el punto de muestreo DFC-05 DQO 326,00 mg/l, DBO(5) 160,21 mg/l, Arsénico 0,089 mg/l Boro 0,586 mg/l Cadmio 0,000 mg/l Plomo 0,053 mg/l Mercurio 0,021g/l, estos valores exceden los ECAS 2017 Categoría 1 poblacional y recreacional así mismo la categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 5

Parámetros del agua del río Coata tramo puente Maravillas - Coata en periodo estiaje y avenidas.

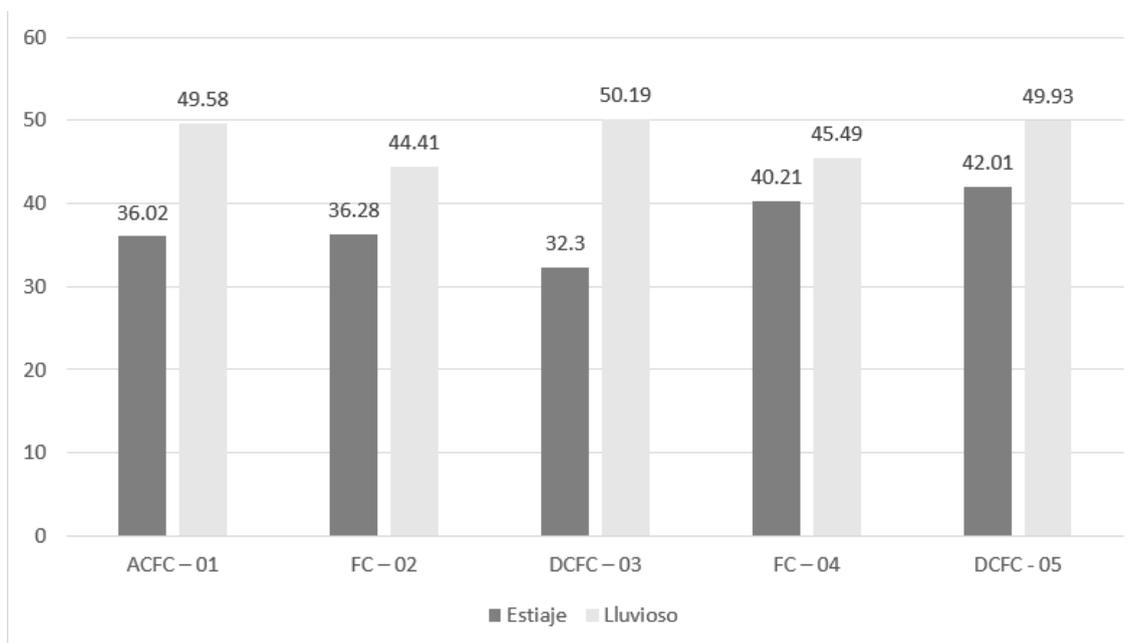
			Valores y/o concentraciones en el tramo Puente Maravillas – Puente Coata									
			Estiaje 2018					Avenidas 2019				
N°	Parámetro	Unidad	ACFC-01	FC-02	DFC-03	FC-04	DFC-05	ACFC-01	FC-02	DFC-03	FC-04	DFC-05
1	Oxígeno Disuelto	mg/l	2,95	0,75	2,95	0,21	3,45	3,90	0,20	4,33	0,15	4,51
2	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	892,22	1075,3	1115,37	1028,7	1101,0	274,63	382,47	353,6	424,17	326,00
3	Conductividad Eléctrica (CE)	mS/cm	5,52	3,21	1,36	1304,0	1320,0	0,724	1,611	0,767	0,60	0,784
4	Cloruros	mg/l	336,78	466,76	289,51	313,14	301,33	145,15	246,86	169,8	62,21	175,76
5	Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH 20°C	7,26	7,45	7,54	7,03	7,90	7,48	7,34	8,37	7,05	8,27
6	Aluminio (Al)	mg/l	0,078	0,093	0,510	0,394	0,379	0,346	0,375	0,384	0,384	0,393
7	Arsénico (As)	mg/l	0,063	0,042	0,325	0,103	0,095	0,092	0,061	0,096	0,096	0,089
8	Boro (B)	mg/l	0,819	0,202	4,065	0,744	0,723	0,526	0,721	0,599	0,599	0,586
9	Cadmio (Cd)	mg/l	0,001	0,002	0,005	0,026	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	Cromo (Cr)	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,037	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	Cobre (Cu)	mg/l	0,003	0,432	0,020	0,020	0,018	0,022	0,021	0,023	0,023	0,022
12	Hierro (Fe)	mg/l	0,056	0,013	1,220	0,206	0,157	0,457	0,217	0,033	0,033	0,085
13	Manganeso (Mn)	mg/l	0,047	0,076	0,325	0,050	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	Plomo (Pb)	mg/l	0,028	0,030	0,135	0,094	0,095	0,060	0,056	0,056	0,056	0,053
15	Zinc (Zn)	mg/l	0,006	0,053	0,045	0,038	0,025	0,056	0,142	0,043	0,043	0,019
16	Mercurio (Hg)	mg/l	0,003	0,004	0,010	0,010	0,021	0,005	0,005	0,005	0,005	0,021
17	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	460,0	760,0	840,0	450,0	560,0	127,56	185,47	168,5	195,5	160,21
18	Coliformes termotolerantes	NMP/100ML a 44.5°C	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

Nota. Altitud (Metros sobre el nivel del mar), UTM (Universal Transversal de Mercator), ACFC (Antes del contacto con la fuente de contaminación), FC (Fuente de contaminación), DCFC (Después de contacto con la fuente de contaminación).

Fuente: Laboratorio de ensayo y control de calidad (UCSM U. , 2019).

Figura 2

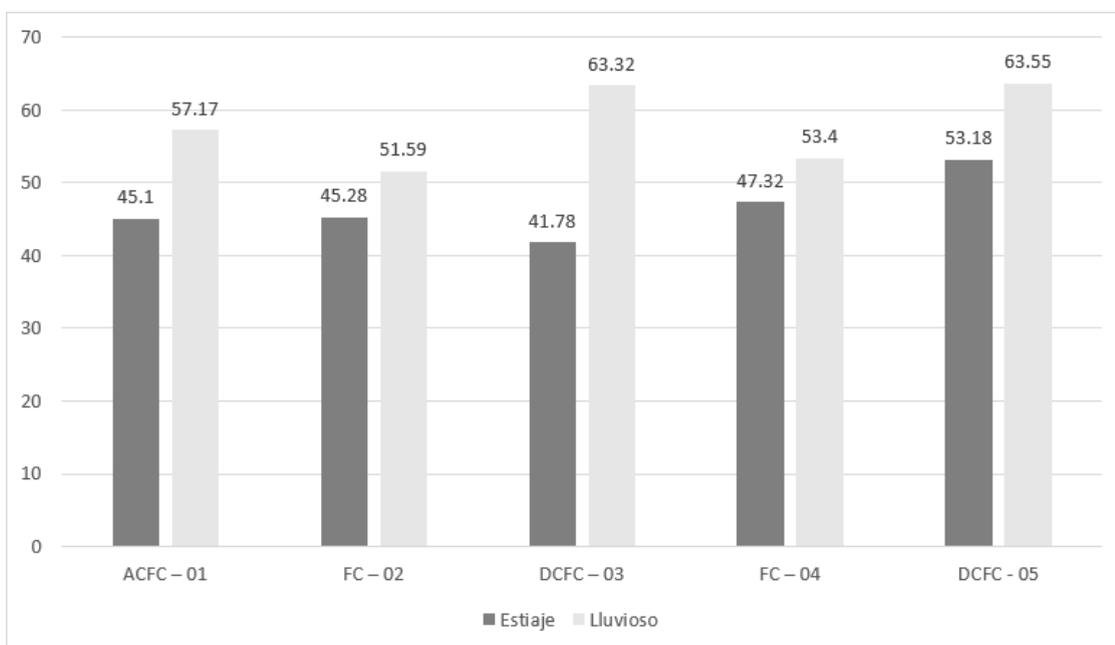
Índice de calidad del agua (ICA-PE) del río Coata en el tramo puente Maravillas y puente Coata para época estiaje y lluvioso conforme al uso poblacional con tratamiento convencional.



Nota. De acuerdo a la detallado en la figura 2, se observa que los índices de calidad del agua para los puntos de muestreo ACFC-01, DCFC-03 y DCFC-05 se ubican en la categoría malo para el periodo estiaje y en la categoría regular para el periodo lluvioso. La variación de la categoría malo a regular, se debe al incremento de volúmenes de agua de lluvia, los cuales diluyen las concentraciones de los contaminantes, mejorando así el índice de calidad del agua, apreciándose similar situación en las figuras 3 y 4. También se resalta que las fuentes contaminantes FC-02 y FC-04 varían de la categoría malo a regular por el incremento de aguas de precipitación pluvial.

Figura 3

Índice de calidad del agua (ICA-PE) del río Coata en el tramo puente Maravillas y puente Coata para época estiaje y lluvioso conforme al uso de riego de vegetales.

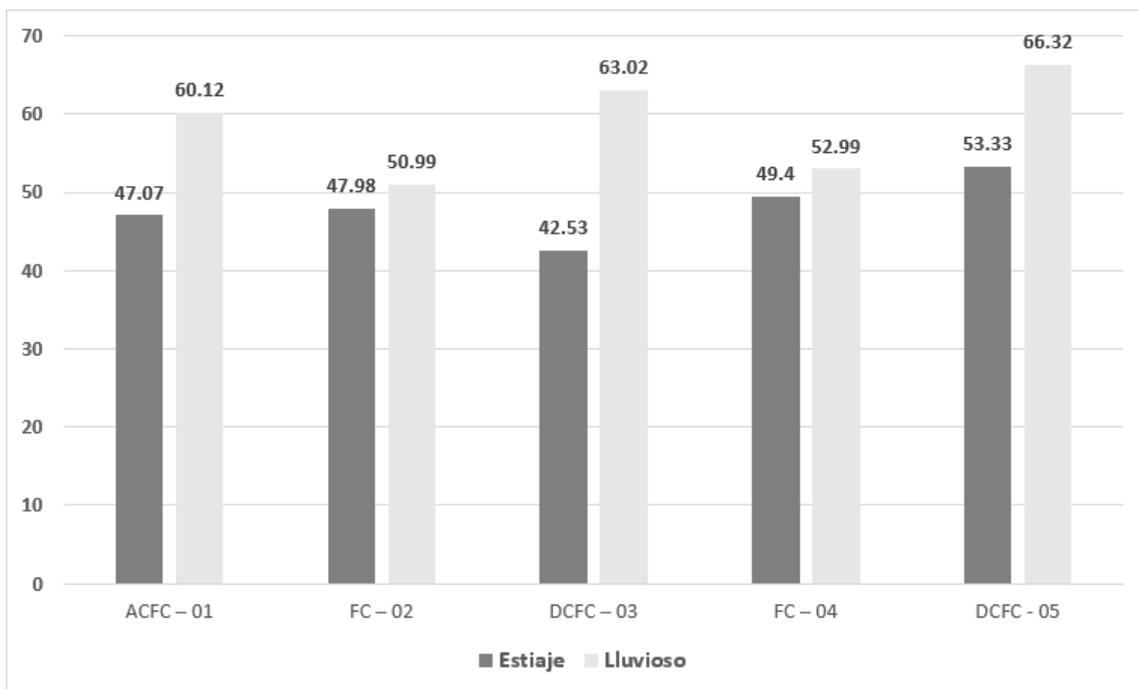


De acuerdo a la detallado en la figura 3, se observa que los índices de calidad del agua para los puntos de muestreo ACFC-01 y DCFC-05 conforme para el riego de vegetales se ubican en la categoría regular tanto para el periodo estiaje y lluvioso. También se aprecia que el

punto de muestreo DCFC-03 se ubica en la categoría malo; sin embargo, el índice 41.78 es muy próximo al valor mínimo de 45 para ser considerado en la categoría de regular.

Figura 4

Índice de calidad del agua (ICA-PE) del río Coata en el tramo puente Maravillas y puente Coata para época estiaje y lluvioso conforme al uso para bebida de animales.



De acuerdo a la detallado en la figura 4, se observa que los índices de calidad del agua para los puntos de muestreo ACFC-01 y DCFC-05 conforme al uso para bebida de animales se ubican en la categoría regular tanto para el periodo estiaje y lluvioso. También se aprecia que el punto de muestreo DCFC-03 se ubica en la categoría malo; sin embargo, el índice 42.53 es muy próximo al valor mínimo de 45 para ser considerado en la categoría de regular.

Discusión

Ciertamente en esta investigación la influencia de la calidad de agua de las fuentes puntuales de contaminación depende de los parámetros fisicoquímico y microbiológico que sobrepasan los estándares de calidad de agua, así como DQO, DBO(5) sobrepasa en todos los puntos de muestreo, además los metales As, B, Cd, Pb, Hg, superan los ECA, generalmente el punto de muestreo DCFC-03, que se encuentra ubicado en el puente Churi; el cual indica que la calidad en los puntos de muestreo es mala para potabilización de consumo

humano con tratamiento convencional y de regular calidad para Riego de vegetales y bebida de animales, resultados que son corroborados por Monteagudo (2015) quien sostiene que la DBO(5) está por encima de lo permitido por los ECAs, en su investigación es el parámetro que más refleja para que la calidad de los ríos Lampa y Cabanillas, asimismo la DBO(5) en el río Cabanillas es excede lo permitido, razón por el cual la calidad disminuye a comparación del río Lampa. De igual manera Torres, Gonzales, Rustrían, & Houbron (2013) sostiene que la DQO es el parámetro que influye en la calidad de agua y similarmente Pérez (2017) quien refiere la variación de la calidad del agua de categoría media a mala, siendo el vertimiento de aguas residuales el factor determinante debido a que el pH, fósforo, DBO(5), OD y Coliformes Termotolerantes superan a los valores y concentraciones establecidas en los ECAs, a su vez indica que la DQO es el indicador para catalogarlo como contaminado y fuertemente contaminado.

En esta investigación los parámetros que más influyen en la calidad de agua son DBO(5) y DQO, el cual se

puede catalogarlo como los parámetros contaminantes y que influyen en la calidad de agua del río Coata, en tramo de puente Maravillas y puente Coata. por lo tanto, se concuerda con Pérez y Monteagudo, quienes argumentan que DBO(5) y DQO son parámetros que alteran la calidad del agua. Los valores y concentraciones elevadas de los parámetros DBO(5) y DQO son característicos de las aguas residuales domésticas, y evidencia el vertimiento de aguas residuales domésticas que no son tratadas adecuadamente en el cauce del río Cabanillas y Lampa.

Conclusiones

Las aguas del río Coata antes de entrar en contacto con las fuentes contaminantes presentan contaminación por materia orgánica y metales pesados.

En función al uso poblacional la calidad de las aguas del río Coata varían de la categoría mala a regular, y en función al uso de riego de vegetales y bebida de animales se ubica en la categoría regular.

La calidad del agua del río Coata y de las fuentes contaminantes mejoran el índice con las precipitaciones pluviales.

Fuente de financiamiento: El presente trabajo de investigación fue autofinanciada por los autores.

Conflicto de interés: Los autores de este artículo declaran que no existe ningún potencial de conflicto de interés relacionado al mismo.

Referencias

- ANA. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Autoridad Nacional del Agua, Resolución Jefatural N° 010 - 2016. <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- ANA. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de Agua ICA-PE a los cuerpos de agua continentales superficiales. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>
- APHA, A. (1992). Metodos normalizados: para el analisis de aguas potables y residuales. <http://cedir-catalogo.gestiondelriesgo.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8229>
- Callasaca, P. (2018). Influencia de fuentes puntuales de contaminación en la calidad de agua del río Coata, en el tramo de puente Maravillas y puente Coata, Puno. http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/10362/discover?field=author&filtertype=author&filter_relational_operator>equals&filter=Callasaca+Pacheco%2C+Rosa+Amelia
- MINAM. (2017). Estandares de calidad Ambiental de agua. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Monteagudo, Q. (2015). Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa y Cabanillas. [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4604>
- Pérez, A. (2017). Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales - Omo, durante el periodo 2014 - 2015. [Tesis pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua]. Repositorio Institucional – UJCM. <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/299>

Torres, B., Gonzales, L., Rustrían, P., y Houbron, E. (2013). Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, Mexico. Scielo, 135-146. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n3/v29n3a1.pdf>

UCSM, U. (2019). Informe de Ensayo. Arequipa.

UCSM, U. (2019). Informe de ensayo de control de calidad. Arequipa.

Universidad de Pamplona. (2006). Indicadores de la calidad de agua. En U. d. Pamplona. Colombia. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf