

## Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas

### Evaluation of the impact of wastewater disposal in the quality of the Ventilla river, Amazonas

Jhesibel Chávez Ortiz<sup>1\*</sup>, <sup>a</sup>Jesús Rascón<sup>1</sup>, <sup>b</sup>Armando Eneque Puicón<sup>2</sup>

#### RESUMEN

En los últimos años, los cambios en las actividades humanas en el distrito de Molinopampa han repercutido negativamente en la calidad del río Ventilla, el cual atraviesa el propio distrito. La presente investigación se centró en el estudio de los parámetros microbiológicos (bacteriológicos), tales como coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC), y enterococos fecales (EF), en el agua del río Ventilla a su paso por la zona con mayor actividad ganadera, que además cuenta con la presencia de una laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales. Se establecieron tres puntos de muestreo, realizando tres repeticiones del análisis del agua en cada punto. Los resultados arrojaron la presencia de grandes concentraciones de estas bacterias en el agua, provocadas por la descarga de las aguas residuales de la laguna de oxidación de dicha localidad, el pastoreo y el consecuente vertido de desechos fecales del propio ganado vacuno en las riberas del río, a lo largo de las tres estaciones de muestreo.

**Palabras clave:** Calidad del agua, microbiología, río Ventilla, actividades agropecuarias

#### ABSTRACT

In recent years, changes in human activities in the district of Molinopampa have had a negative impact on the quality of the Ventilla River, which flows through the district itself. The present research focused on the study of microbiological (bacteriological) parameters, such as total coliforms (TC), fecal coliforms (FC), *Escherichia coli* (EC), and fecal enterococci (FE) in the water of the Ventilla river as it passes through the area with the highest cattle activity, which also has the presence of an oxidation pond for the treatment of wastewater. Three sampling points were established, performing three repetitions of the water analysis at each point. The results showed the presence of large concentrations of these bacteria in the water, caused by the discharge of wastewater from the oxidation lagoon of the locality, grazing and the consequent discharge of fecal waste from the cattle themselves on the banks of the river, along the three sampling stations.

**Keywords:** Water quality, microbiology, Ventilla river, agricultural activities

<sup>1</sup>Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Chachapoyas, Perú

<sup>2</sup>Investigador Independiente

<sup>a</sup>E-mail: jesus.rascon@untrm.edu.pe <sup>b</sup>E-mail: areneque@hotmail.com

\*Autor de correspondencia: jhesibel.chavez@untrm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

Los ríos son masas de aguas naturales sometidas a las características propias de la cuenca, como su geología, pero también a los cambios climáticos, la calidad de su agua varía naturalmente a lo largo del tiempo y de su curso debido a los diferentes factores ambientales. Sin embargo, las características tanto biológicas como fisicoquímicas, se ven afectadas por las actividades humanas, en algunos casos de forma irreversible (Wu y Chen, 2013; Keck *et al.*, 2016). Las principales fuentes de contaminación de los ríos son las descargas de tipo municipal e industrial, así como los flujos de retorno generados por las actividades agropecuarias (Guzmán Colis *et al.*, 2011, Udiba *et al.* 2014). Uno de los principales efectos causados por alguna de estas fuentes de contaminación, es la aceleración de los procesos de eutrofización, lo que hace que disminuya la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, aumentando la población de algas, sin embargo esto provoca que mueran los animales acuáticos, ya que necesitan el oxígeno (Casey *et al.*, 2014; Chu y Tunnicliffe 2015); encima, al existir poca o ninguna información sobre el tipo de contaminante fisicoquímico que inciden en las características del agua, complica mucho la toma de decisiones para la prevención, la mitigación y la recuperación del ecosistema acuático (García y Giraldo, 2011; Quesada, 2015).

Para determinar y conocer la calidad de agua es necesario el desarrollo de programas de monitoreo. Estas acciones ya se han establecido con éxito en otros países, sin embargo, Perú todavía no ha establecido nada parecido, principalmente porque las directrices en calidad de agua son difíciles de considerar por las deficiencias que conlleva la evolución de las fuentes de contaminación y el escaso monitoreo que se tiene sobre las aguas subterráneas y superficiales del territorio. (Calizaya Anco *et al.*, 2013)

Esta complicada situación actual de los ríos en el país, ha aumentado el interés general por conocer los factores que influyen en su dinámica, teniendo a nivel mundial estudios que determinan la calidad de las fuentes de agua superficial, gran parte de los cuales se

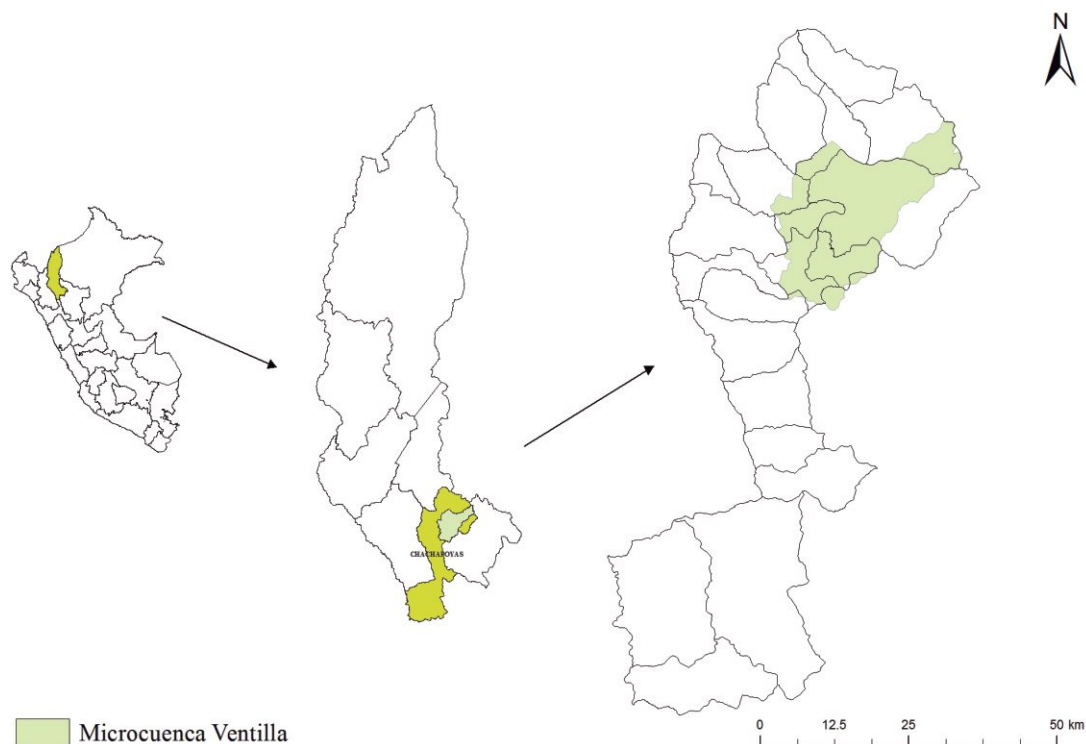
enfocan en el análisis cuantitativo de las muestras (Mora, 2004), tanto para los parámetros fisicoquímicos, como para los microbiológicos (Odonkor y Ampofo, 2013).

En el ámbito continental se han desarrollado investigaciones semejantes como las realizadas en el río Bogotá en Colombia, donde Venegas *et al.* (2015), detectaron los marcadores microbiológicos tradicionales para la determinación de la calidad del agua, como *Escherichia coli*, para identificar las fuentes de contaminación fecal del río. Otro ejemplo es la investigación llevada a cabo por Leandro *et al.* (2010) en los ríos de la microcuenca IV del río Virilla en Costa Rica, donde determinaron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, para posteriormente aplicar el Índice de Calidad de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (ICAFNS) y el Índice del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad del Agua.

Los estudios realizados en Perú relacionados con aguas residuales y calidad del agua, tienen un vínculo más cercano a la fitorremediación, o al reúso de esa agua (Lovera *et al.*, 2006; Cavallini, 2011; Amaro Palomino *et al.*, 2014; Poma y Valderrama, 2014); sin embargo existen algunos que se acercan a la evaluación ecológica de ecosistemas fluviales a través de parámetros fisicoquímicos, como en el río Negro (Montoya *et al.*, 2011), o a través de parámetros biológicos, como en el Alto Chicama (Tafur *et al.*, 2010).

Las investigaciones realizadas en el departamento Amazonas son escasas, al centrarse más en investigaciones más generales de los ríos del departamento, centrándose sobre todo en los ríos de la cuenca del Marañón, como son el río Utcubamba, Nieva o Cenepa entre otros (García Huaman *et al.*, 2011). Igualmente la mayor parte de estas investigaciones, se concentran en el último lustro, muchas de ellas derivadas de proyectos de la propia Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (Leiva *et al.*, 2013; Chávez *et al.*, 2016).

De esta forma, a través del presente estudio se busca determinar la calidad del agua de río Ventilla, a través de los parámetros bacteriológicos y su análisis



**Figura 1.** Ubicación de la microcuenca del río Ventilla en la provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas.

estadístico, para ver si las actividades que se dan en el distrito de Molinopampa, afectan al río Ventilla.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio comprende la cuenca del río Ventilla, el cual presenta un recorrido meandriforme al atravesar el distrito de Molinopampa, donde se centra el presente estudio (Figura 1). Ésta es una de las zonas con mayor actividad ganadera de Amazonas. Adicionalmente se cuenta con la presencia de una laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales del Distrito.

### Ubicación y selección de las estaciones de muestreo.

Se establecieron tres estaciones de muestreo en la cuenca principal (Figura 2). La selección siguió la metodología de Freshwater Ecology and Management (Prat et al., 2012) para la evaluación del estado

ecológico en ríos. Estos puntos fueron situados a partir de los siguientes parámetros:

#### 1. Identificación:

El punto de muestreo, fue identificado y reconocido claramente. Para la determinación de la ubicación se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS). Este se registró en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.

#### 2. Accesibilidad:

Se ubicó el punto de tal manera que el acceso hacia él fuera rápido y seguro.

#### 3. Representatividad:

La ubicación de los puntos de muestreo en el río Ventilla se realizó teniendo en cuenta las características del entorno, así como la cercanía de la población al curso de agua, las actividades que se desarrollan alrededor y el comportamiento especial que presenta en su recorrido.

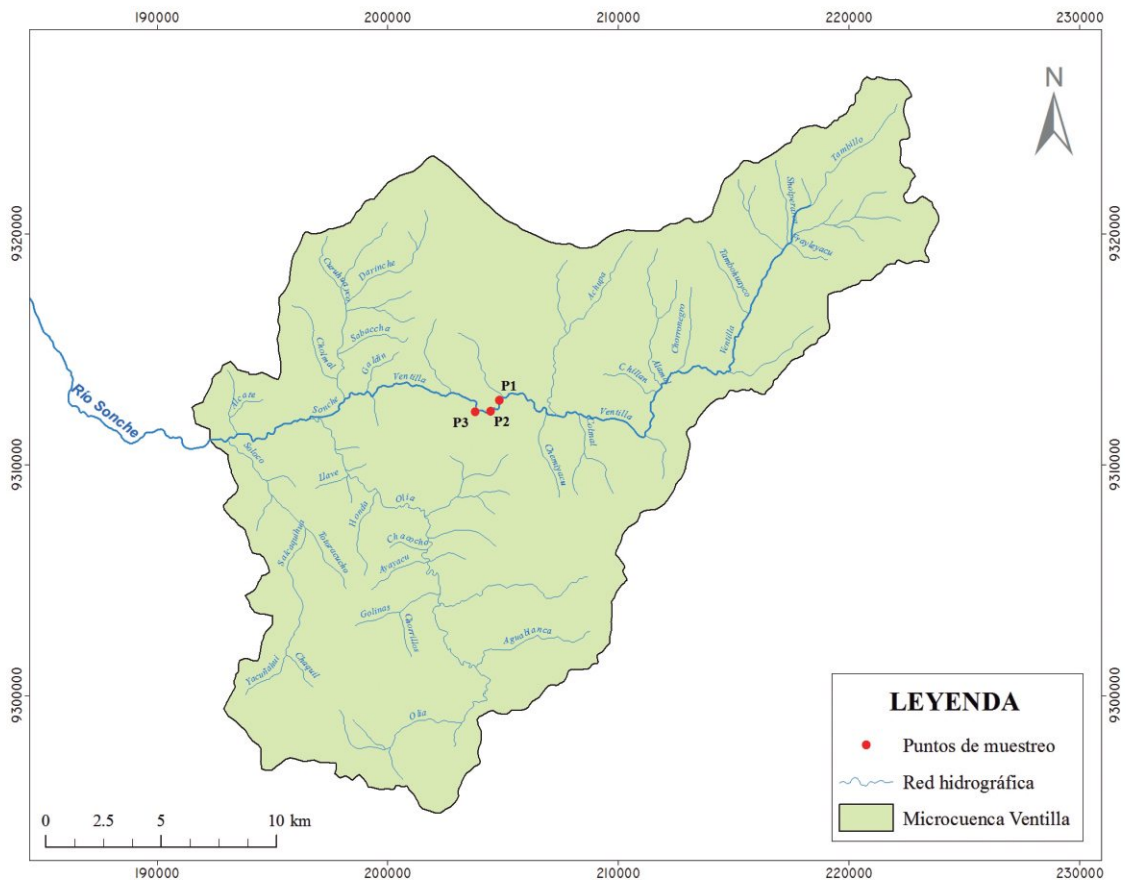


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el río Ventilla, a su paso por el distrito de Molinopampa.

Partiendo de los criterios antes detallados, se establecieron las coordenadas para las estaciones de muestreo (Tabla 1)

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo (P) en el río Ventilla

Punto	Coordenadas UTM		
	Zona	Este	Norte
P1	18S	9310404	182976
P2	18S	9312316	204467
P3	18S	9312287	203804

Fuente: Elaboración Propia

### Toma de muestras

Para la toma de muestras se siguió el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, establecido por la Dirección General de Salud Ambiental del Perú (DIGESA, 2007).

### Tiempo de muestreo

El muestreo se realizó durante el mes de agosto de 2016.

### Métodos, técnicas e instrumentos

El análisis de los parámetros microbiológicos se determinó siguiendo el procedimiento de APHA (2005).

Se colectaron tres muestras por punto, en el margen derecho (1), en el centro (2) y en el margen izquierdo (3), para ser lo más representativos posibles, sin caer en posibles errores.

De esta manera, todas las muestras para el análisis bacteriológico, fueron colectadas y transportadas en recipientes de vidrio estériles, dentro de un cooler o nevera portátil, para así guardar la cadena de frío necesaria para los análisis bacteriológicos, en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. En el análisis bacteriológico, se determinaron tanto colifor-

mes totales (CT) como coliformes fecales (CF), además de indicadores de contaminación fecal como *Escherichia coli* (EC) y enterococos fecales (EF). Todos estos parámetros se determinaron con la técnica del Número Más Probable (NMP); además, las bacterias cultivables se obtuvieron a través de la técnica de fermentación de tubos múltiples con 10 diluciones y cinco réplicas por cada dilución (APHA, 2005). Para el grupo de coliformes totales se realizó la siembra en caldo Lauril Sulfato para su enriquecimiento, y la resiembra de los tubos positivos en caldo Brilla para la confirmación. Ambos fueron incubados a 37 °C ( $\pm 0,5$ ), realizando conteos a las 24 y 48 horas. Por otra parte, el grupo de coliformes fecales se determinó con la resiembra de los tubos positivos de caldo Lauril Sulfato a caldo EC, cuya incubación se realizó a 44°C por 48 horas. Para la determinación e identificación de colonias de *E. coli*, se sembraron por estría, en el agar EMB, los tubos que presentaron resultado positivo en caldo EC.

Para el grupo de enterococos fecales se realizó una prueba presuntiva en caldo ázida dextrosa, incubado a 35 °C; posteriormente los tubos positivos fueron sembrados en agar KF; las colonias presuntamente positivas aparecidas en este agar fueron traspasadas a caldo HB, para su confirmación final.

Para definir y evaluar las características y la finalidad de uso del agua de la cuenca del río Ventilla, se utilizaron los Estándares de Calidad Ambiental para aguas (ECAs) establecidos en el D.S. N°002-2008-

MINAM y el D.S. N°015-2015-MINAM, que modifica dichos estándares y establece disposiciones complementarias para su aplicación. Se evaluaron las categorías I (Agua apta para consumo humano), III (Riego de vegetales y bebida de animales), y IV (Conservación de ambientes acuáticos).

#### Análisis de información

Para el análisis estadístico se determinó inicialmente los supuestos del modelo como normalidad con la prueba de Kolmogorov Smirnov y de homogeneidad con la prueba de homogeneidad de varianzas. Las pruebas estadísticas aplicadas fueron no paramétricas ya que no se cumplieron con los supuestos del modelo analizados, por lo que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis que permitió determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas por puntos de muestreo y zonas o márgenes donde se tomaron las muestras correspondientes a cada punto referido. Por ello se empleó el paquete estadístico de Statistix versión 8.0.

### III. RESULTADOS

#### Parámetros bacteriológicos en las tres estaciones de muestreo.

Se obtuvieron valores que van desde 500 a  $32 \times 10^5$  NMP de CT/100 ml, y de 170 a  $32 \times 10^5$  NMP de CF/100 ml. Asimismo surgieron valores de 170 a  $17 \times 10^5$  NMP de EC/100, y de 22 a 30.000 NMP/100 de EF (Tabla 2)

**Tabla 2.** Resultados bacteriológicos del río Ventilla.

Punto	Margen o Zona de Muestro	Parámetros bacteriológicos			
		CT	CF	EC	EF
1	1	800	280	280	22
	2	500	170	170	110
	3	3000	3000	3000	70
2	1	$32 \times 10^5$	$32 \times 10^5$	$17 \times 10^5$	30 000
	2	$11 \times 10^3$	11000	2700	140
	3	$21 \times 10^2$	2100	1700	110
3	1	500	500	500	80
	2	$16 \times 10^3$	3000	1700	900
	3	$8 \times 10^4$	17000	13000	34

Fuente: Elaboración propia

1= Margen derecho, 2= Centro, 3= Margen izquierdo

### Análisis de datos

Del análisis para determinar diferencias estadísticas por puntos de muestreo (tabla 3), se observa que los únicos parámetros que demuestran esta característica CF y EC, siendo los valores más elevados de estos en el punto de muestreo 2, justamente donde se ubica el desaguadero de la laguna de oxidación de la localidad de Molinopampa (Tabla 3).

**Tabla 3.** Diferencia estadística significativa de los parámetros bacteriológicos por puntos de muestreo

Parámetros	Punto de muestreo		
	F	P	
CT	1,12	0,3863	
BC	CF	1,91	0,0227* (2)
	EC	1,03	0,0413* (2)
	EF	0,35	0,7202

Fuente: Elaboración propia

\*Significativo

(1) (2) (3): Puntos de muestreo

Por otro lado, todos los parámetros bacteriológicos presentaron diferencias significativas por márgenes de muestreo, donde el margen derecho e izquierdo mostraron niveles muy altos de contaminación bacteriológica (Tabla 4).

**Tabla 4.** Diferencia estadística significativa de los parámetros bacteriológicos por márgenes o zonas muestreadas en cada punto seleccionado

Parámetros	Zona		
	F	P	
CT	0,11	0,0497 * (3)	
BC	CF	0,17	0,0384 * (3)
	EC	0,69	0,0453 * (1)
	EF	6,74	0,0293 * (1)

Fuente: Elaboración propia

\*Significativo

(1)(2)(3): márgenes o zonas de muestreo

### IV. DISCUSIÓN.

Los parámetros bacteriológicos son comúnmente usados como indicadores para determinar la calidad del agua (Samboni *et al.*, 2007; Simanca *et al.*, 2010), por esta razón estos parámetros fueron medidos en los tres puntos de muestreo localizadas en el río Ventilla, ya que se supone, que su cuenca no sufre grandes per-

turbaciones en la calidad de sus aguas hasta su llegada al distrito de Molinopampa, zona donde se centra la presente investigación.

Este distrito se caracteriza a nivel productivo por ser uno de los más ganaderos de toda la región Amazonas (Oliva *et al.*, 2014), por lo que estas actividades relacionadas principalmente con el ganado vacuno, y en menor medida con el ganado porcino, se ven reflejadas en los sistemas fluviales que atraviesan el distrito. Este es el caso del río Ventilla, el cual es receptor de gran parte de los desechos derivados de esta actividad. La caracterización bacteriológica evidenció que el agua de la cuenca, en los tres puntos muestreados, es decir, a su paso por el distrito de Molinopampa, no es apta de forma directa para el consumo de la población, principalmente al alto contenido en bacterias que posee el agua, pero si fuese necesaria su utilización con ese fin, sería imprescindible la aplicación de métodos habituales de tratamiento, como la cloración o la ozonificación (Islam *et al.*, 2013; De Vera *et al.*, 2015). Padilla Cámara *et al.* (2010) comprobaron que esto mismo ocurre en el río Quisbag, en Guatemala, donde el agua analizada no era apta para el consumo humano de forma directa, y si el agua fuese utilizada para riego, solo era apta para cultivos agrícolas, como frutales y hortalizas que se consuman cocinadas.

De la comparación de los parámetros bacteriológicos analizados con los ECAs, las tres estaciones de muestreo del río Ventilla, resultaron no aptas para las categorías I (agua destinada para consumo humano), III (riego de vegetales y bebidas animales) y IV (conservación de ambientes acuáticos), ya que los valores de CT, CF, EC y EF, fueron superiores a los niveles permitidos por esta. Cabe mencionar que el agua del punto 1, para la categoría III, es apta para consumo animal, pero no para el riego de vegetales.

Por tanto, estos altos niveles bacteriológicos en los tres puntos, se pueden explicar por la ubicación de la laguna de oxidación, la cual se encuentra en el margen derecho del río por lo que aporta una alta carga microbiana, en cambio en el margen izquierdo presenta valores elevados de bacterias debido a la existencia de

zonas de crianza de ganado, cuyos desechos impactan en la calidad del agua, como estamos viendo. Por otro lado, se puede considerar la presencia de ganado vacuno en el lecho del río Ventilla y la presencia de la laguna de oxidación ubicada en el punto de muestreo 2, como los causantes principales de los altos niveles de nutrientes observados en este punto del río Ventilla. Esta realidad, también se da en otros estudios como el realizado en la zona costera del Golfo de California por Del Rio Salas *et al.*, (2016), donde comprobaron que el desborde y vertimiento de las lagunas de oxidación a lagunas costeras, genera grandes cantidades de bacterias.

Estos problemas que se dan en la cuenca, en muchos casos surgen por la expansión de las fronteras agrícolas, provocando a su vez procesos de deforestación, erosión y contaminación, alterando el paisaje y la producción de agua (Rivas *et al.*, 2009; Paz *et al.*, 2015).

Es así que los resultados obtenidos en este estudio destacan la necesidad de continuar con este tipo de estudios, en especial en el río Ventilla, con análisis complementarios para hacer comparaciones históricas, facilitando así la búsqueda de posibles alteraciones, teniendo la base para encontrar soluciones de mitigación o prevención.

## V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en los parámetros bacteriológico, la cuenca del río Ventilla, en su recorrido por la localidad de Molinopampa, se encuentra considerablemente contaminada debido a la presencia de ganado vacuno en sus riberas, y por la descarga de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación, siendo esta la que más perjudica al río, por su gran aporte bacteriológico; esto quedó demostrado al observar las altas concentraciones de los parámetros bacteriológicos analizados.

Conforme a los ECAs, ninguna de las estaciones es apta para las categorías I, III, y IV. Sin embargo, y a pesar de mostrar enormes concentraciones en cuanto a coliformes fecales y *Escherichia coli*, el recurso hidri-

co puede ser utilizado para bebida de animales, dentro de la categoría III, actividad que se dan en gran proporción en la zona.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaro Palomino, J.E., J.H. Obispo Gabino, E.G. Palomares Anselmo, L.R. Gonzales Torres y J.L. Rojas Paz. "La caracterización y disposición final del efluente en el diseño a nivel piloto de un proceso de tratamiento de vertimientos de lavanderías, Distrito Huacho, Perú". *Revista Big Bang Faustiniiano*, 3(2014): 8-12.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation). Standard methods for examination water and wastewater. Washington (USA), 2005.
- Calizaya Anco, J., M. Avendaño Cáceres y I. Delgado Vargas. "Evaluación de la calidad del agua fluvial con Diatomeas (*Bacillariophyceae*), una experiencia en Tacna, Perú". *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(2013): 58-63.
- Casey, M.M., G.P. Dietl, D.M. Post y D.E.G. Briggs. "The impact of eutrophication and commercial fishing on molluscan communities in Long Island Sound, USA". *Biological Conservation*, 170(2014): 137-144.
- Cavallani, J.M. "Mejora de la calidad sanitaria del agua para el riego de hortalizas en Lima, Perú". En: "Riesgos microbianos en la producción de alimentos frescos en áreas urbanas y periurbanas de América Latina". Peña J.J. y E. Fernández, 311-333. México D.F. (México), 2011.
- Chávez, J., D. Leiva, J. Rascón, I. Hoyos, F. Corroto. "Estado trófico del lago Pomacochas a través de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos". *Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2014): 70-78.
- Chu, J.W.F. y V. Tunnicliffe. "Oxygen limitations on

- marine animal distributions and the collapse of epibenthic community structure during shoaling hypoxia". *Global Change Biology*, 21(2016): 2989-3004.
- De Vera, G.A., D. Stalter, W. Gernjak, H.S. Weinberg, J. Keller y M.J. Farré. "Towards reducing DBP formation potential of drinking water by favouring direct ozone over hydroxyl radical reactions during ozonation". *Water Research*, 87(2015): 49-58.
- Del Rio Salas, M., A. Martínez Durazo y M.E. Jara Marini. "La Acuicultura y su impacto en la zona costera del Golfo de California". *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 18(2016): 37-46.
- DIGESA. "Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales". Lima (Perú), 2007.
- García Huamán, F.T., J. Torres Delgado y S.E. Vergara Medrano. "Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. Amazonas. Perú". *SCIENDO*, 14(2011): 7-19.
- García, J. y E.A. Giraldo. "Elaboración de una guía didáctica para la selección preliminar del sistema de tratamiento de aguas residuales". Tesis de Ingeniería. Bogotá (Colombia), 2011.
- Guzmán Colis, G., F. Thalasso, E.M. Ramírez López, S. Rodríguez Narciso, A.L. Guerrero Barrera y F.J. Avelar González. "Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de Aguascalientes, México". *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2011): 89-102.
- Islam, N., R. Sadiq y M.J. Rodríguez. "Optimizing booster chlorination in water distribution networks: a water quality index approach". *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2013): 8035-8050.
- Keck, F., F. Rimet, A. Franc y A. Bouchez. "Phylogenetic signal in diatom ecology: perspectives for aquatic ecosystems biomonitoring". *Ecological Applications*, 26(2016): 861-872.
- Leandro, H., J.M. Coto y V. Salgado. "Calidad del agua de los ríos de la microcuenca IV del río Virilla". *UNICIENCIA*, 24(2010): 69-74.
- Leiva, D., J. Chávez y F. Corroto. "Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río Shocol, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas". *Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2014): 62-72.
- Lovera, D., L. Quipuzco, G. Laureano, C. Becerra y N.D. Valencia. "Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash - Perú, usando tecnologías de humedales artificiales". *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 18(2006): 32-43.
- MINAM. "D.S N° 002-2008-MINAM. Estándares de calidad ambiental para aguas". Lima (Perú), 2008.
- MINAM. "D.S N° 015-2015-MINAM. Modificación de los Estándares de calidad ambiental para aguas y establecimiento de disposiciones complementarias para su aplicación". Lima (Perú), 2015.
- Montoya, Y., Y. Acosta y E. Zuluaga. "Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT". *Caldasias*, 33(2011): 193-210.
- Mora, D. "Calidad microbiológica de las aguas superficiales en Costa Rica". *Revista Costarricense de Salud Pública*, 1(2004): 24-37.
- Odonkor, S.T. y J.K. Ampofo. "Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview". *Microbiology Research*, 4(2013): 5-11.
- Oliva, S.M., R. Collazos, M. Goñas, E. Bacalla, C. Vigo, H. Vásquez, S.T. Leiva y J.L. Maicelo.



- “Efecto de los sistemas de producción sobre las características físico-químicas de los suelos del distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, región Amazonas”. *Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2014): 44-52.
- Padilla Cámbara, T.A., N. García Álvarez y W. Pérez Duarte. “Caracterización físico-química y bacteriológica, en dos épocas del año, de la subcuenca del río Quiscab, Guatemala”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2010): 43-46.
- Paz, R., H. Lipshitz, H.R. Zerda y J. Tiedeman. “Estructura agraria, áreas de concentración de la agricultura familiar y procesos de expansión de la frontera agropecuaria en Santiago del Estero, Argentina”. *Revista NERA*, 27(2015): 259-279.
- Poma, V.R. y A.C. Valderrama. “Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de Cadmio (II) y Mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)”. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(2014): 164-173.
- Prat, N., M. Rieradevall y P. Fortuño. Metodología F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos mediterráneos. Barcelona (España), 2012.
- Quesada, J.A. “Revisión del impacto socio ambiental por la minería en el departamento del Chocó "Caso Región del San Juan". Tesis Ingeniería. Bogotá (Colombia), 2015.
- Rivas, Z., J. Sánchez, F. Troncone, R. Márquez, H. Ledo de Medina, M. Colina y E. Gutiérrez. “Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela”. *Interciencia*, 34(2009): 308-314.
- Samboni, N.E., Y. Carvajal y J.C. Escobar. “Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua”. *Revista Ingeniería e Investigación*, 27(2007): 172-181.
- Simanca, M.M., B.E. Álvarez y R. Paternina. “Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería”. *Revista Temas Agrarios*, 15(2010): 71-83.
- Tafur, C.M., M.H. Revilla, W.P. Ruiz, R.G. Aguilar y I.A. Guzmán. “El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008”. *SCIÉND0*, 13(2010): 5-20.
- Ubida, U.U., B.H. Diya'uddeen, I. Bashir, N.O. Ashade, S.E. Anyanwu, M. Joyce y E.H. Odeke. “Industrial pollution and its implications for the water quality of River Galma: A case study of Dakace industrial layout, Zaria, Nigeria”. *Merit Research Journal of Environmental Science and Toxicology*, 2(2014): 167-175.
- Venegas, C., H. Diez, A.R. Blanch, J. Jofre y C. Campos. “Microbial source markers assessment in the Bogotá River basin (Colombia)”. *Journal of Water and Health*, 13(2015): 801-810.
- Wu, Y. y J. Chen. “Investigating the effects of point source and nonpoint source pollution on the water quality of the East River (Dongjiang) in South China”. *Ecological Indicators*, 32(2013): 294-304.