



**DOI:** 10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.222-232

**URL:** <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/692>

**EDITORIAL:** Saberes del Conocimiento

**REVISTA:** RECIAMUC

**ISSN:** 2588-0748

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Artículo de Investigación

**CÓDIGO UNESCO:** 2508.11 Calidad de las Aguas

**PAGINAS:** 222-232



## Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes - Perú

Environmental impacts generated by the discharge of urban wastewater from the city of Tumbes - Peru

Impactos ambientais gerados pelo lançamento de águas residuais urbanas da cidade de Tumbes - Peru

**María Isabel Niquén Inga<sup>1</sup>; Antero Celso Vasquez Garcia<sup>2</sup>; Yahaira Anabel Hinojosa Niquen<sup>3</sup>; Angel Gregorio German Niquen Inga<sup>4</sup>**

**RECIBIDO:** 10/06/2021 **ACEPTADO:** 12/07/2021 **PUBLICADO:** 31/08/2021

1. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Universitaria s/n, Pampa Grande, Ciudad Universitaria, Tumbes, Perú; miniqueni@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0057-4824>
2. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Av. Juan XXIII 391, Lambayeque, Perú; antero-vasquez@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8977-3274>
3. Egresada de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Universitaria s/n, Pampa Grande, Ciudad Universitaria, Tumbes, Perú; yhinojosan92@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8856-3005>
4. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Universitaria s/n, Pampa Grande, Ciudad Universitaria, Tumbes, Perú; gregorio\_german@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5274-9070>

### CORRESPONDENCIA

María Isabel Niquén Inga  
miniqueni@untumbes.edu.pe

**Tumbes, Perú**

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar que las aguas residuales urbanas de Tumbes generan impactos ambientales negativos sobre la calidad de agua del río Tumbes, para lo cual se obtuvieron nueve muestras del agua superficial en tres puntos 100 m antes, en el punto de vertimiento y 100 m aguas abajo del río Tumbes, según criterios de la APHA citados por Vásquez (2005) y procedimientos para el análisis estandarizado por el laboratorio NKAP SRL de Trujillo. Como resultados se determinó que el agua residual generó impactos ambientales negativos sobre el agua superficial del río de esta ciudad, al contener elevada concentración de contaminantes como aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, y elevada población de coliformes termotolerantes, fecales y *Escherichia coli*. Concluimos proponiendo como alternativa de solución la incorporación de un equipo Tricanter que permitirá mitigar la contaminación de las mencionado aguas, al separar aceites y grasas, sólidos y agua residual, la que se trataría posteriormente con Ozonizadores o lámparas de rayos Ultravioleta para disminuir la contaminación hasta cifras menores a LMP fijados por el DS 004-2017-MINAM.

**Palabras clave:** Afluente, afectación, descontaminación, mitigación, calidad.

## ABSTRACT

This research aims to determine that the urban wastewater of Tumbes generates negative environmental impacts on the water quality of the Tumbes river, for which nine samples of surface water were obtained at three points 100 m before, at the point of discharge and 100 m downstream of the Tumbes River, according to APHA criteria cited by Vásquez (2005) and procedures for standardized analysis by the NKAP SRL laboratory in Trujillo. As a result, it was determined that the wastewater generated negative environmental impacts on the surface water of the river in this city, as it contains a high concentration of pollutants such as oils and fats, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total suspended solids, and high population of thermotolerant and fecal coliforms and *Escherichia coli*. We conclude by proposing as an alternative solution the incorporation of a Tricanter equipment that will mitigate the contamination of the aforementioned waters, by separating oils and fats, solids and waste water, which would later be treated with Ozonizers or UV lamps to reduce contamination up to figures lower than LMP set by DS 004-2017-MINAM.

**Keywords:** Tributary, affectation, decontamination, mitigation, quality.

## RESUMO

Esta pesquisa visa determinar que o esgoto urbano de Tumbes gera impactos ambientais negativos na qualidade da água do rio Tumbes, para o qual foram obtidas nove amostras de águas superficiais em três pontos 100 m antes, no ponto de descarga e 100 m a jusante de rio Tumbes, segundo os critérios da APHA citados por Vásquez (2005) e procedimentos para análises padronizadas pelo laboratório NKAP SRL de Trujillo. Como resultado, determinou-se que o efluente gerou impactos ambientais negativos nas águas superficiais do rio nesta cidade, por conter alta concentração de poluentes como óleos e gorduras, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, total de sólidos suspensos, e alta população de coliformes termotolerantes e fecais e *Escherichia coli*. Concluímos propondo como solução alternativa a incorporação de um equipamento Tricanter que irá mitigar a contaminação das referidas águas, separando óleos e gorduras, sólidos e águas residuais, que posteriormente seriam tratados com ozonizadores ou lâmpadas UV para reduzir a contaminação até valores inferiores ao LMP definido por DS 004-2017-MINAM.

**Palavras-chave:** Tributário, afetação, descontaminação, mitigação, qualidade.

## Introducción

Se ha determinado que la cantidad de agua dulce en el planeta y que es disponible para los seres vivos alcanza al 2,5% se estima en el 2,5% del volumen total y está disponible para ecosistemas y biotas terrestres, así como para los seres humanos, de esa manera, se constituye en sustancia fundamental para todas las formas de vida (Henry y Heinke, 1999, p. 167).

Los ríos históricamente se han considerado como fuente de riqueza, al proporcionar el agua imprescindible para la subsistencia y posterior desarrollo de seres vivos (Kim y col., 2015). Sin embargo, el continuo crecimiento de la población humana y la presencia de modelos de desarrollo no sostenibles, han tenido como consecuencia la contaminación de los ríos y la pérdida de la disponibilidad de estos recursos, (Singh y col., 2016).

En Colombia, Comuna 8, una de las más grandes del municipio con aproximadamente 110 000 habitantes (Contreras, 2018), la empresa de acueducto y alcantarillado de Villavicencio E.S.P –EAAV, indican que estas aguas posteriormente son vertidas sin previo tratamiento en diversos afluentes (Alcaldía Villavicencio, 2018), entendiéndose que las aguas residuales se encuentran presentes por todo el mundo, en forma de productos de las actividades diarias a nivel industrial y doméstico contaminando el agua, sobre todo, con residuos fecales y detergentes (Molina y Tigres 2005).

El 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas, el agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos (Yee- Batista 2013), así también el deterioro del medio ambiente y sus consecuentes efectos negativos en la calidad de vida, son producto de la acelerada tasa de crecimiento poblacional (Salar, 2015).

En la cuenca del río Amajac en México, receptor de vertimientos domésticos se en-

contró que el 59% de su cauce poseía un ICA (Índice de calidad del agua) de mala calidad, el 29% muestra una calidad media y el 12% se encuentra altamente contaminado, encontrando que los parámetros de oxígeno disuelto y coliformes fecales, son los que más influyen en el cálculo del índice (Alvarez & Rubiños, 2006).

De igual forma en Ecuador en los ríos Ozogoché, Pichauña y Pomacocho los resultados del índice ICA reflejan una buena calidad del agua, pero en este caso los parámetros de mayor impacto en la evaluación fueron los sólidos totales y los coliformes fecales (Coello & Ormazá, 2013).

En el Perú, el agua residual adecuadamente tratada podría constituirse en una fuente de agua valiosa para cultivos de tallo alto. Sistemas de tratamiento combinados, asociados a su uso racional, orientaría a estrategia económica y socialmente viables para obtener un recurso con uso eficiente en este rubro de la economía peruana. (Autoridad Nacional del Agua, 2013, p. 22).

En la ciudad de Tumbes, las aguas residuales domésticas generadas por los pobladores de la ciudad son conducidas vía canales hasta los colectores del sistema de alcantarillado, y posteriormente vertidas hasta el cauce del río Tumbes. (Aguas de Tumbes S.A, 2011) y la presencia de altas concentraciones de material orgánico en los cuerpos de agua es una problemática social y ambiental en aumento (IDEAM, 2015)

En la ciudad de Tumbes, su ubicación, su clima tropical caracterizado por elevadas temperaturas y abundante precipitación pluvial contribuye a incrementar la cantidad de aguas residuales urbanas. Existen zonas residenciales y asentamientos humanos que disponen de conexiones de agua potable y otras que carecen de estos servicios. El agua potable se usa mayormente para preparación de alimentos, lavado de ropa y aseo personal; estas actividades generan una mayor cantidad de aguas residuales que son transportadas vía los ductos del

sistema de alcantarillado hasta la zona de rebombeo estación Coloma. El abastecimiento de agua para ser potabilizada es derivado desde el río Tumbes hasta la planta de tratamiento de agua potable; esta agua tiene el antecedente de ser muy contaminada sobre todo en su origen, en el denominado río grande en el Ecuador. (Puño, 2016, p. 8)

Las soluciones de protección o saneamiento de los ríos dependen, entre otros factores, de la capacidad de autodepuración de un residuo que tenga la corriente superficial (Olatunji y Osibanjo, 2013).

Para describir esta capacidad, se han desarrollado modelos matemáticos que toman en consideración los principales mecanismos de transporte de contaminantes, la depuración natural a través de la degradación por microorganismos presentes en el río y la reaeración (Wang y col., 2013).

Para evaluar el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO de un afluente, se requieren de los parámetros físico-químicos y un microbiológico, que en conjunto evidencian la contaminación orgánica (Valverde & Edison, 2015). El agua residual adecuadamente tratada en el Perú, podría constituirse en una fuente de agua valiosa, con sistemas de tratamiento combinados, asociados a su uso racional, orientaría a estrategia económica y socialmente viables para obtener un recurso con uso eficiente en este rubro de la economía peruana. (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

Las aguas residuales domésticas son por lo general perennes, su composición es esencialmente orgánica y su flujo relativamente constante cuando hay control domiciliario de agua por medio de medidores. Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia. La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. La arena proviene de aguas de lavado de las

calles, y de aguas de la superficie y del subsuelo que llegan a la red colectora de modo indebido o que se infiltran por los pozos de registro o por los empalmes de las tuberías.

El objetivo de esta investigación fue determinar que las aguas residuales urbanas de Tumbes generan impactos ambientales sobre la calidad de agua del río de esta ciudad y Formular una propuesta viable, que permita mitigar los impactos ambientales significativos.

### **Metodología**

Esta investigación fue realizada en la margen derecha del río Tumbes a la altura de la cámara de bombeo ubicada frente al cuartel Fuerte Coloma de la ciudad de Tumbes, Departamento de Tumbes.

Se evaluaron nueve muestras de agua superficial en 3 puntos. Se tomaron 3 muestras de esta agua superficial 100 metros antes del punto de vertimiento (M- 1); 3 muestras en el punto de vertimiento estación de rebombeo (M-2) y 3 muestras 100 metros después del punto de vertimiento del agua residual en estudio (M-3). Estas muestras de agua fueron colocadas en enfriadores y posteriormente trasladadas al laboratorio de control de calidad de aguas de NKAP SRL Trujillo.

Los análisis de las aguas en estudio se obtuvieron según criterios de la American Public Health Association (APHA) citados por Vásquez (2005) y de acuerdo a los procedimientos estandarizados por el laboratorio NKAP SRL se realizaron los análisis de aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales, coliformes fecales y Escherichia coli con la finalidad de determinar la calidad de agua.

**Tabla 1.** Variables evaluadas en agua procedente del río Tumbes y códigos APHA para su procesamiento en laboratorio.

Variable	Equipos	Lugar
1. Temperatura superficial del agua	pH metro Schott	In situ
2. Oxígeno Disuelto (OD)	Oxímetro Schott Handylab	In situ
3. Salinidad	Conductímetro Schott	In situ
4. pH	pH metro Schott	In situ
5. Sólidos suspendidos Totales	Conductímetro Schott	In situ
6. DBO <sub>5</sub>	Oxímetro Schott Handylab	En LQAC
7. DQO	APHA 5220	En LCA NKAP SRL-Trujillo
8. Aceites y Grasas	APHA 5520	En LCA NKAP SRL-Trujillo
9. Nitratos	APHA 4500 - NO <sup>3-</sup>	En LCA NKAP SRL-Trujillo
10. Nitritos	APHA 4500 NO <sup>2-</sup>	En LCA NKAP SRL-Trujillo
11. Fosfatos	APHA 4500-P	En LCA NKAP SRL-Trujillo
12. Coliformes totales	NMP/100mL	Placas petri film 3 M
13. Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Placas petri film 3 M

**Fuente:** Elaboración propia

Los datos obtenidos fueron incluidos en la hoja de Excel 2010 y posteriormente tratados estadísticamente utilizando el software Statistical Package for Social Sciences, SPSS versión 21, midiendo el rango mínimo y máximo, promedio, mediana, moda, desviación estándar y varianza y la diferencia significativa se determinó utilizando el ANOVA (análisis de varianza). Esta prueba estadística se hizo para mediar la variación de las concentraciones de las variables del agua antes, en el punto de vertimiento y después de este punto de vertimiento, para valorar los impactos ambientales ge-

nerados por el vertimiento del agua residual urbanas de la ciudad de Tumbes en forma directa al río.

### Resultados y discusión

Las concentraciones de las variables de las muestras de aguas obtenidas a la altura del punto de vertimiento de las aguas residuales (M-2) y después de éste punto (M-3), resultaron ser valores elevados en relación con el LMP fijado por el DS 004-2017 MINAM, como puede observarse, en la tabla 1.

**Tabla 2.** Concentración de variables en los puntos de muestreo de aguas del río de Tumbes determinados por el laboratorio NKAP S.R.L.

Variable	Expresión	Unidad	Concentración en los puntos de muestreo			D.S. N°004-2017-MINAM
			M-1	M-2	M-3	
Aceites y grasas	HEM	mg/L	0.99	35.93	14.47	5
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2.00	199.4	98.77	15

Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	14.39	431.7	241.4	40
Sólidos suspendidos totales	TSS	mg/L	130.3	100.0	803.3	25-100
Coliformes Fecales	NMP /100 ml		46x10	22x10 <sup>5</sup>	33x10 <sup>5</sup>	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP /100 ml		33x10	22x10 <sup>5</sup>	33x10 <sup>5</sup>	1000

**Fuente:** Elaboración propia

La incorporación de un equipo denominado Tricanter permitirá mitigar los impactos ambientales sobre la calidad del agua, generados por las aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes.

En esta investigación los resultados obtenidos de los análisis de HEM, DBO5, DQO, TSS, coliformes fecales y *escherichia coli*, que son elevados en relación a los límites máximos permisibles, guardan relación con lo que sostienen varios investigadores, entre ellos por Culqui y Culqui (2014, p.179) quienes determinaron impactos negativos al determinar la presencia de coliformes termotolerantes y otros contaminantes, debido al vertimiento de aguas residuales domésticas de distintas ciudades. Esto concuerda también con lo que indica León (1995) y la Autoridad Nacional del Agua (2013), en impactos considerados negativos debido a las descargas de los drenes 6000 y 7000-Lambayeque y de los vertimientos domésticos y municipales de poblaciones ubicadas en la ribera del río Lambayeque. Así mismo en el caso de los altos niveles en SST en el río

Tumbes, estudiados por Puño (2010) se deben a que éste acarrea aguas abajo los residuos líquidos y sólidos de la ciudad, sin

tratamiento alguno además de los sedimentos de tierra introducida por efecto de las mareas.

Las elevadas concentraciones de las variables respecto a los LMP encontradas en las muestras en estudio y que generan impactos ambientales sobre la calidad de agua del río Tumbes, pueden ser resultados atribuibles al nulo tratamiento de estas antes de ser vertidas al río.

### Discusión

El resultado encontrado en la presente investigación se puede indicar que las aguas residuales urbanas vertidas sin tratamiento al cauce del río Tumbes generan impactos ambientales sobre la calidad de sus aguas.

Son elevados los valores obtenidos de las concentraciones de los parámetros del agua, respecto a los límites máximos permitidos, aun cuando estas discurren 100 metros después de a la altura de la del punto de vertimiento de las aguas residuales (M-3), siendo la concentración de aceites y grasas es 14.47 mg/L, la demanda bioquímica de oxígeno 98.77 mg/L, la demanda química de oxígeno

241.4 mg/L, sólidos suspendidos totales 803.3 mg/L, coliformes fecales 33x10<sup>5</sup> NMP



/100 ml y *Escherichia coli* 33x10<sup>5</sup> NMP /100 ml.

Debe señalarse que con los resultados de este estudio puede contribuirse en un proyecto ampliado para la evaluación del impacto de la descarga de estas aguas al río, así como lograr el diseño de un sistema sustentable de aguas residuales urbanas para nuestra región que contribuya al mejoramiento de los daños causados diariamente al medio ambiente.

A partir de los resultados se puede decir que los sistemas de eliminación de aguas residuales urbanas en la ciudad de Tumbes generan impactos ambientales negativos significativos sobre la calidad del agua del río Tumbes.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen varios investigadores, entre ellos por Culqui y Culqui (2014, p.179) quienes determinaron impactos negativos al determinar la presencia de Coliformes termotolerantes y otros contaminantes, debido al vertimiento de aguas residuales domésticas de las ciudades de Reque, Monsefú y Chongoyape, en el río Chancay-Lambayeque.

Esto concuerda también con lo que indica León (1995) y la Autoridad Nacional del Agua (2013), en impactos considerados negativos debido a las descargas de los drenes 6000 y 7000- Lambayeque y de los vertimientos domésticos y municipales de poblaciones ubicadas en la ribera del río Lambayeque.

En el caso de los altos niveles en SST en el río Tumbes, estudiados por Puño (2010) y Cánepa (2013) se deben a que éste acarrea aguas abajo los residuos líquidos y sólidos de la ciudad, sin tratamiento alguno además de los sedimentos de tierra introducida por efecto de las mareas.

Para los fosfatos, sulfatos y nitratos en el punto de monitoreo en el río Tumbes a 1,5 Km del mar, Puño (2010) muestra niveles más altos para las dos épocas (secas y

lluviosas), descartándose una posible relación con el agua de mar, pero sí es posible que la principal fuente sean las descargas de aguas residuales domésticas crudas de la ciudad de Tumbes, vertidas por la estación de bombeo Coloma.

El agua residual producida en la ciudad de Tumbes vertida sin tratamiento alguno desde la estación Coloma al río Tumbes genera impactos ambientales negativos significativos sobre la mayoría de los factores ambientales del entorno. Sin embargo impactos poco significativos se pueden verificar sobre algunas actividades agrícolas, ello concuerda con lo expuesto por Rolim (2000) citado por Vargas Machuca (2018, p. 28) quien menciona que el agua residual sin ningún tratamiento puede generar epidemias originadas por bacterias, virus, nematodos y huevos de helmintos en los seres humanos expuestos. Igualmente, Rolim (2000, p.10) expresó que se debe tratar el agua residual urbana o industrial que es vertida a cauces de ríos, para minimizar los riesgos de problemas ambientales y de la salud humana.

Puño (2010), en su investigación de la determinación de la calidad del recurso hídrico del río Puyango Tumbes, respecto a las fuentes contaminantes, concentración de metales pesados, el comportamiento de la temperatura en las diversas estaciones de monitoreo, determinó valores máximos en las estaciones durante los años 2004 y 2005. El valor mínimo se alcanzó en la época lluviosa en la estación P01 durante el año 2004. El comportamiento del pH es muy variable y no guarda ningún patrón visible, sin embargo existe un dato por resaltar, el encontrado en la estación P05 (Bocatoma de la Peña durante el 2004) en la estación húmeda, debido a que son valores ácidos, los cuales podrían disolver metales pesados que se encuentran en los sedimentos y transferirlos al agua.

Esta información es acorde con los resultados en el presente estudio de investigación,

como indicaremos a continuación.

Respecto al pH del agua residual de la ciudad de Tumbes que se bombea desde la cisterna denominada fuerte Coloma hasta el río Tumbes, es variable, en este caso presentó un pH de 6,84, que está dentro de los LMP fijados por el D.S. 003- 2010-MINAM.

En cuanto a la concentración de aceites y grasas, en la muestra (M-2), presentó un valor de <0,99 mg/L, muy por debajo de los 05 mg/L fijado D.S. N° 004-2017- MINAM (agua categoría 3; D1: riego de vegetales).

En la muestra (M-3), la concentración de aceites y grasas presentó un valor de 14,47 mg/L, superando los ECA fijados en el D.S. N° 004-2017-MINAM (aguas categoría 3; D1: riego de vegetales).

La concentración de aceites y grasas del agua residual urbana de Tumbes presentó un valor de 35,93 mg/L, superando los 20 mg/L fijado por el DS 003- 2010-MINAM. Esto se atribuye a la elevada cantidad de aceites y similares que se utilizan en las labores culinarias de los hogares de la ciudad de Tumbes y al vertimiento de lubricantes usados por parte de usuarios en centros de aceite vehicular.

En la muestra de agua (M-2), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO) presentaron valores de <2,0 mg/L y 14,39 mg/L respectivamente, estos valores se encuentran por debajo de los ECA fijado por el DS 004-2017-MINAM (agua categoría 3; D1: riego de vegetales).

En la muestra de agua (M-3), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO) presentaron valores de <98,77 mg/L y 241,4 mg/L respectivamente, estos valores superan los límites máximos permisibles fijados por el ECA AGUA, categoría 3; (D1: riego de vegetales) establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) superó los 100 mg/L fijado por el D.S. 003-2010-MINAM atribuible directamente a alto consumo de oxígeno disuelto por los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua residual urbana generada en la ciudad de Tumbes con una DBO5 de 199,4 mg/L.

La demanda química de oxígeno (DQO) superó en más del 100% los 200 mg/L fijado como LMP por el D.S. 003-2010-MINAM, y está relacionada directamente con la materia orgánica presente en el agua residual urbana de la ciudad de Tumbes, con una DQO de 431,7 mg/L.

Respecto a la microbiología del agua, en la muestra de agua (M-3) 100 metros después del punto de descarga del ARU, los Coliformes termo tolerantes (Fecales) y Escherichia coli presentaron valores de 33x105 NMP/100mL cada uno, estos resultados superan ampliamente los ECA establecidos para aguas categoría 3 (D1: riego de vegetales) fijados por el D.S. 004-2017-Minam.

Los Coliformes termotolerantes (fecales) registrada fue de 2 200 000 NMP/100mL, cifra que superó en 2% el LMP de 1 000 NMP/100 mL fijado por el DS 004-2017-MINAM (ECA Agua, Categoría 3), atribuible al nulo tratamiento del agua residual producida en la ciudad de Tumbes y que se vierte sin tratamiento alguno al cauce del río Tumbes, a la falta de criterio ambiental de Aguas de Tumbes S.A. entidad que administra todo el sistema de alcantarillado, a la falta de vigilancia del Organismo Estatal de Fiscalización Ambiental (OEFA), desinterés del Gobierno Regional de Tumbes y de la Municipalidad Provincial de Tumbes quienes por ley deben evitar la contaminación ambiental del río Tumbes.

En la muestra de agua (M-2), 100 metros antes del punto de descarga del ARU, la cantidad de Coliformes termotolerantes (fecales) y Escherichia Coli presentaron valores de 460 NMP/100mL y 330 NMP/100mL



respectivamente, estos resultados se encuentran por debajo de los ECA fijados por el D.S. 004-2017-MINAM.

En la muestra (M-3), la concentración de metales pesados y peligrosos como el cadmio, cromo, mercurio, plomo, aluminio, arsénico, hierro y zinc, estos se encuentran en bajas concentraciones por debajo de los ECA establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM (agua categoría 3 (D1: riego de vegetales).

En la muestra (M-1), el cadmio, cromo, mercurio, plomo, aluminio, arsénico, hierro y zinc, también se encontraron en bajas concentraciones, por debajo de los LMP establecidos en agua categoría 3 (D1: riego de vegetales) del DS 004-2017- MINAM.

Sin embargo, la concentración de boro en los resultados de las muestras M-2 y M-3, 100 metros antes y 100 metros después del punto de descarga del ARU, la concentración de boro sobrepasa los ECA fijados por la norma, dicho esto asumimos que el agua del río Tumbes viene con un valor elevado de boro, ajeno a las actividades del vertimiento de agua residuales de la ciudad de Tumbes.

Las acciones evaluadas que más impactos ambientales significativos negativos generó el sistema de eliminación de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes sobre los factores ambientales fueron, el acopio de agua residual (cisterna de la estación Coloma), vertimiento de agua residual al río Tumbes (que ha generado elevada temperatura promedio de 37 °C, en el punto de muestreo M-2, debido a la incorporación de agua residuales urbanas, a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, y además el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire y las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire), agricultura, riego, canalización del agua para riego y el uso doméstico de agua del río Tumbes (contaminada), siendo el vertimiento directo del agua residual urbana al río Tumbes la acción de más im-

pactos negativos significativos con una valoración de - 69.

Se proponen acciones viables para enfrentar y solucionar un problema que desde hace muchos años atañe a autoridades y tomadores de decisiones que solo ven en el río Tumbes un lugar a donde no se debe acudir, sin embargo, hay un principio que indica que el agua residual no es un residuo que botar sino un recurso que reaprovechar.

## Conclusiones

1. Los impactos ambientales generaron impactos negativos significativos en la calidad del agua superficial del río Tumbes
2. Proponiendo efectuar un plan de inversión que contemple la adquisición de un equipo con separadores de fases como el denominado Tricanter, el mismo que separa el agua residual de las grasas, aceites y los sólidos, luego con el tratamiento adecuado de uso de lámpara de radiación UV o con Ozonizadores, se estaría mitigando la contaminación y este valioso recurso hídrico quedaría en mejores condiciones para depositarlo en la cámara de bombeo para su posterior vertimiento al río Tumbes y ser utilizado en las diferentes necesidades o actividades, mejorando así la calidad de vida de todo ser vivo.

## Bibliografía

- Aguas de Tumbes SA. (2011). Descripción de los sistemas operativos Tumbes, Descripción del Sistema de Alcantarillado. Localidad Tumbes. p. 2, disponible en: [http://www.aguasdetumbes.com/pdf/sis\\_san\\_tumbes\\_nuevo\\_tumbes.pdf](http://www.aguasdetumbes.com/pdf/sis_san_tumbes_nuevo_tumbes.pdf)
- Alcaldía de Villavicencio. (02 de febrero de 2018). Gobierno nacional ratificó compromiso para ejecutar el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales. Villavicencio. Obtenido de [http://www.villavicencio.gov.co/NuestraAlcaldia/SalaDePrensa/Paginas/Gobierno\\_nacional-ratific%C3%B3-compromiso-para-ejecutar-el-proyecto-de-la-PlantaDeTratamiento-de-Aguas-Residuales.aspx](http://www.villavicencio.gov.co/NuestraAlcaldia/SalaDePrensa/Paginas/Gobierno_nacional-ratific%C3%B3-compromiso-para-ejecutar-el-proyecto-de-la-PlantaDeTratamiento-de-Aguas-Residuales.aspx)

- Autoridad Nacional del Agua. (2013). Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú, impactos socio-económicos del vertimiento de aguas residuales sin tratar. p. 5. Disponible en <http://www.sedapal.com.pe:93/provma/foros15/GIZ%20Alemania.pdf>
- Ciclo Hidrológica 2013 -2014. Tesis Para optar el Grado Académico de Magister en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental. Escuela de Posgrado. UNPRG. p. 179.
- Contreras, H. (20 de 08 de 2018). Presidente Aso-juntas Comuna 8. (S. Aguilar, & G. Solano, Entrevistadores) Villavicencio, Meta, Colombia.
- Culqui, M. y Culqui, L. (2014). Niveles de calidad del agua en la Cuenca Chancay Lambayeque
- Esponda, A. (2001). Arranque de un sistema experimental de flujo vertical a escala piloto de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- IDEAM. (2018). Boletín Climatológico. Obtenido de [http://www.ideam.gov.co/web/tiempoyclima/climatologico-mensual/-/document\\_library\\_display/xYvIc4uxk1Y/view/71473013?\\_110\\_INSTAN-CE\\_xYvIc4uxk1Y\\_redirect=http%3A%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Ftiempoyclima%2Fclimatologico-mensual%3Fp\\_p\\_id%3D110\\_INSTAN-CE](http://www.ideam.gov.co/web/tiempoyclima/climatologico-mensual/-/document_library_display/xYvIc4uxk1Y/view/71473013?_110_INSTAN-CE_xYvIc4uxk1Y_redirect=http%3A%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Ftiempoyclima%2Fclimatologico-mensual%3Fp_p_id%3D110_INSTAN-CE)
- Kim, S., Yang, D., y Lim, J., A Study on the Biodegradation of Aquatic Life Using Computational and Physical Simulation., Bulletin of the American Physical Society, Vol. 01, No. 13, 2015, pp. 13-21.
- León, G. (1995). Impactos ambientales de los proyectos de uso de aguas residuales. p. 3 Disponible en:[http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep184/vleh/fulltext/acr\\_obat/leo\\_n5.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep184/vleh/fulltext/acr_obat/leo_n5.pdf)
- Olatunji, O., y Osibanjo, O., Eco-partitioning and indices of heavy metal accumulation in sediment and Tilapia zillii fish in water catchment of River Niger at Ajaokuta, North Central Nigeria., International Journal of Physical Sciences, Vol. 8, No. 20, 2013, pp. 1111-1117.
- Oswald, U. (2011). Retos de la investigación del agua en México. UNAM.CRIM. México.
- Puño, N. (2016). Plan de manejo ambiental del recurso hídrico de la cuenca del río Puyango Tumbes. Manglar. Vol. 13(2) p: 53-61.
- Rolim, S. (2000). Sistemas de lagunas de estabilización. McGraw Hill- Interamericana S.A. Santa Fe de Bogotá. p: 1-20, 23-29. Saneamiento Bási- sico. <http://www.risaralda-caldas.gov.co/apc-aa/files/34383865663662656436343262366233/Saneamiento.pdf>
- Salazar, D. (2015). Estudio del Impacto Ambiental Generado por Vertimientos Proveniente de un Establecimiento Penitenciario de Orden Nacional al Recurso Hídrico. Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6463/1/ARTICULO%20ESPE%20CI%20ALI%20ZACION%20FINAL.pdf>
- Singh, S., Gupta, K., Shukla, N., Chaurasia, G., Singh, S., y Tandon, P., Water purification: A brief review on tools and techniques used in analysis monitoring and assessment of water quality., Green Chemistry & Technology Letters, Vol. 2, No. 2, 2016, pp. 95-102
- Valverde, A., & Edison, M. (2015). Análisis de la calidad de varios cuerpos de aguas superficiales en Bahía Solano utilizando índices de contaminación. Investigación, biodiversidad y Aplicación índice ICOMO en caño Grande 63 desarrollo, 34 (1), 14-21. Retrieved from <http://revistas.utch.edu.co/ojs5/index.php/revinvestigacion/article/view/553/0>
- Vargas Machuca, O. (2018) Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales, lagunas de estabilización San José de EPSEL S.A. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, mención Ingeniería Ambiental, Escuela de Posgrado de la Universidad nacional Pedro Ruiz gallo, Lambayeque p 28)
- Vásquez, A. (2005). Impactos ambientales de la industria pesquera en el subsistema litoral de Puerto Malabrigo, La Libertad. Tesis Doctor en Medio Ambiente, Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Post Grado, mimeo vs. pgs.
- Wang, Q., Li, S., Jia, P., Qi, C., y Feng, F., A Review of Surface Water Quality Models., The Scientific World Journal, Vol. 2013, 2013, pp. 01-08.
- Yee-Batista, C. (diciembre, 2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF – AIF. Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

### CITAR ESTE ARTICULO:

Niquén Inga, M. I., Vasquez Garcia, A. C., Hinojosa Niquen, Y. A., & Niquen Inga, A. G. G. (2021). Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes - Perú. RECIAMUC, 5(3), 222-232. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(3\).agosto.2021.222-232](https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.222-232)



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.