

Riesgo biológico asociado al tratamiento de aguas residuales: caso de estudio usando la metodología BIOGAVAL

María Fernanda Cuenca-Lozano¹, Mayra Fernanda Espinosa Armijos¹, Diana Guaya¹

¹Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

Autor para correspondencia: mfcuenca70@utpl.edu.ec

Recibido: 24/01/23 Aprobado: 24/04/23

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.874>

RESUMEN

Como antecedentes se puede comentar que en las aguas residuales están presentes muchos microorganismos patógenos y peligrosos para la salud; algunos de los identificados son los virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos. En el proceso de tratamiento de aguas residuales, los trabajadores de las plantas podrían estar expuestos a estos patógenos y a problemas graves de salud. Los objetivos de este estudio son: definir los agentes biológicos, determinar el nivel de riesgo biológico mediante la cuantificación de variables propuestas por el método y analizar la metodología BIOGAVAL, su factibilidad y las ventajas de su aplicación. Se utiliza la metodología BIOGAVAL, creada para actividades en las cuales no se manipulan deliberadamente agentes biológicos, como es el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Esta metodología utiliza variables como las siguientes: determinación de los puestos a evaluar, identificación del agente biológico implicado, cuantificación de las variables determinantes del riesgo, clasificación del daño, vía de transmisión, tasa de incidencia del año anterior, vacunación, frecuencia de realización de tareas de riesgo, medidas higiénicas adoptadas, cálculo del nivel de riesgo biológico e interpretación de los niveles de riesgo biológico. Las principales conclusiones muestran que los agentes microbiológicos peligrosos se originan a partir de los vertidos que descargan los establecimientos y actividades cercanas. Para la aplicación, se definen los siguientes microorganismos: *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Shigella spp* y *Áscaris Lumbricoides*. El nivel del riesgo se determina como "aceptable". La metodología BIOGAVAL se plantea como una alternativa práctica, útil y de bajo costo; se considera factible su aplicación en actividades sin intención deliberada de manipulación de agentes biológicos, frente a métodos cuantitativos de muestreo bacteriológico en aire o superficies, así como frente a la detección de bioaerosoles.

Palabras clave: agua residual, riesgo laboral, riesgo biológico, metodología BIOGAVAL

ABSTRACT

In wastewater are present many microorganisms that are pathogenic and dangerous to health; among some of those identified are viruses, bacteria, fungi, protozoa, and helminths. In the process of wastewater treatment, the workers of the plants could be exposed to these pathogens and serious health problems. The objectives of this study are to define the biological agents, determine the level of biological risk by quantifying the variables proposed by the method and analyze the BIOGAVAL methodology, its feasibility, and the advantages of its application. The BIOGAVAL methodology is used, which has been created for activities in which biological agents are not deliberately handled, as is the case of wastewater treatment plants (WWTP). This methodology uses variables such as the following: determination of the jobs to be evaluated, identification of the biological agent involved, quantification of the variables determining the risk, classification of the damage, transmission route, incidence rate of the previous year, vaccination, frequency of performing risk tasks, hygienic measures adopted, calculation of the biological risk level and interpretation of the biological risk levels. The principal conclusions show that hazardous microbiological agents originate from discharges from nearby establishments and activities. For the application, the following microorganisms are defined: *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Shigella spp*, and *Áscaris Lumbricoides*. The risk level is determined as "acceptable". The BIOGAVAL methodology is proposed as a practical, useful, and low-cost alternative; it is considered feasible its application in activities without the deliberate intention of handling biological agents, against quantitative bacteriological sampling methods in air or surfaces, as well as against the detection of bioaerosols.

Keywords: wastewater, biological risk, BIOGAVAL methodology

María Fernanda Cuenca-Lozano  orcid.org/0000-0002-3734-7695

Mayra Fernanda Espinosa Armijos

Diana Guaya  orcid.org/0000-0002-5872-7208



INTRODUCCIÓN

En las aguas residuales están presentes muchos microorganismos patógenos y peligrosos para la salud; entre algunos de los identificados están los virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos. En el proceso de tratamiento de aguas residuales, los trabajadores de las plantas podrían estar expuestos a estos patógenos y a problemas graves de salud. Factores como la fuente, las propiedades fisicoquímicas, el volumen de las aguas residuales o el funcionamiento de la planta de tratamiento pueden influir en la presencia y la concentración de microorganismos (Amoah et al., 2022)

Las acciones que se realizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) han sido el foco de atención en los últimos años debido a la contaminación de los recursos hídricos y a la escasez inminente del recurso (Ba-Alawi et al., 2020). El crecimiento de la población, la urbanización y la falta de saneamiento hacen difícil la tarea de mantener el agua segura y limpia. El cambio climático se considera otro factor importante; las variaciones en la temperatura del aire superficial y en los patrones de precipitación influyen, por ejemplo, en las concentraciones de *Escherichia coli* en aguas superficiales (Iqbal et al., 2019). Adicionalmente, en las dos últimas décadas, las investigaciones se han enfocado en el estudio de la gestión del agua y de las aguas residuales, generando datos alarmantes respecto a la escasez del agua y su relación con factores como el aumento de la población y las prácticas industriales y agrícolas (Demirel et al., 2022).

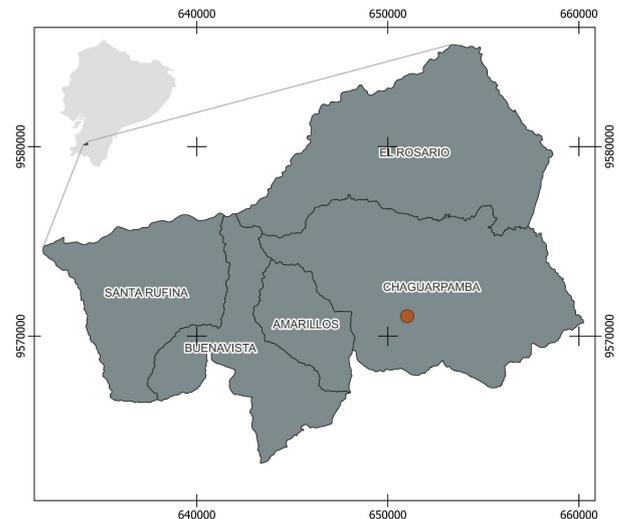
Otros enfoques se centran en la evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores de las PTAR; para ello, existen metodologías cuantitativas y cualitativas que determinan el nivel del riesgo. En la práctica, conseguir este objetivo es particularmente difícil debido a la gran variedad de agentes patógenos presentes en las aguas residuales, la exposición de cada proceso, la probabilidad de infección y la susceptibilidad de los trabajadores, aspectos que también se ven influenciados por la infectividad del patógeno, su concentración y el tiempo de exposición (Amoah et al., 2022). Para el análisis de los factores antes mencionados, se presenta un estudio de caso en una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el cantón Chaguarpamba, al norte de la provincia de Loja, en la región sur de Ecuador. Entre los antecedentes del lugar de estudio, se indica la falta de cobertura del alcantarillado, que se convierte en un foco de contaminación, en altas proporciones, para los cuerpos de agua y las actividades agropecuarias (G. A. D Municipal Chaguarpamba, 2019). La metodología BIOGAVAL se aplica convencionalmente para la estimación del riesgo laboral en actividades en las que hay una exposición no intencionada a microorganismos. En este tipo de actividades, se desaconseja el muestreo bacteriológico rutinario y sistemático del aire, superficies, mobiliario, suelos, etc., por su alto coste y baja eficacia; además, este tipo de muestreo solo aporta datos sobre puntos concretos y en un momento determinado, lo cual no permite que se adapten a otros ambientes y situaciones (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018). Sobre la valoración de los riesgos laborales, el Ministerio de Relaciones Labores de Ecuador ofrece, entre sus herramientas, una matriz que incluye los distintos riesgos para una evaluación global del puesto de trabajo. En esta evaluación se incluyen los riesgos biológicos; sin embargo, no se identifica una metodología específica. Por ende, en el presente trabajo se considera que la metodología BIOGAVAL es la adecuada para este tipo de actividades. Particularmente, este estudio plantea, a partir de la definición de los agentes biológicos y la determinación del nivel de riesgo biológico, el análisis de esta metodología, la factibilidad de su aplicación y las ventajas de su uso como alternativa práctica, útil y de bajo costo.

MÉTODOS

Lugar de estudio

La evaluación de riesgo biológico se realizó en la planta de tratamiento de agua residual del cantón Chaguarpamba, ubicado al sur del Ecuador, en la provincia de Loja (Figura 1).

Figura 1. Localización del lugar de estudio



Se realizó el análisis del personal que labora en la PTAR tomando en cuenta las actividades que realizan durante las jornadas de trabajo, el nivel de exposición y la frecuencia con la que intervienen durante el tratamiento de agua residual. En conformidad con la metodología BIOGAVAL (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018) sobre agentes biológicos y enfermedades en instalaciones depuradoras de agua, se tomaron como referencia los informes microbiológicos reportados. De esta manera, fue posible considerar los organismos centinela, que son los que habitualmente se encuentran en las actividades a evaluar. Posteriormente, se valoró el agente en función del riesgo de infección y de propagación según la clasificación de microorganismos establecida en el Real Decreto 664/97. Para la determinación de las vías de ingreso de microorganismos, se puntuaron las indirectas y directas con puntuación de (1) y la vía aérea con puntuación de (2). Si en algún caso, para uno de los organismos en estudio, se encontraron varias vías de transmisión, los puntajes se sumaron para obtener la puntuación correcta. En una PTAR no existe una intención deliberada de manejar agentes biológicos por parte de los operadores y/o trabajadores durante el desarrollo de actividades. Por lo tanto, la tasa de incidencia en actividades sanitarias se calcula con la Ecuación 1. De esta forma, se relaciona el número de casos nuevos de una enfermedad en un intervalo de tiempo determinado con el riesgo de contagio en la población en estudio.

$$\text{Tasa de incidencia} = \frac{\text{Casos nuevos en el período considerado}}{\text{Población expuesta}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

La tasa de incidencia de una enfermedad se calculó en función de la información provista por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la Dirección Epidemiológica del Ecuador y el Ministerio de Salud Pública, empleando la puntuación de acuerdo con la tasa de incidencia por cada 100 000 habitantes.

La vacunación se constituye como otra variable que permite cuantificar el riesgo biológico de los trabajadores, tomando en cuenta el porcentaje de personal vacunado frente a un agente biológico al que se encuentra expuesto. Para ello, se tomó información de Talento Humano y se realizaron entrevistas personales a cada uno de los trabajadores.

El registro de actividades de cada trabajador se utilizó como instrumento para evaluar el tiempo de exposición a los agentes biológicos en estudio; se consideraron exclusivamente aquellas tareas que son propias de la PTAR según la frecuencia de su realización.

Para la variable de medidas higiénicas, a través de recorridos por la PTAR, se validó con el personal operativo el uso de las herramientas, procedimientos y equipos que emplean en sus tareas. Se realizaron entrevistas al personal, a los técnicos y al director de Obras Públicas usando el formulario de la BIOGAVAL, un cuestionario de 42 ítems sobre medidas higiénicas, con el fin de recabar información sobre la adopción de medidas para minimizar riesgos biológicos. Finalmente, la Ecuación 2 permitió cuantificar en porcentaje las medidas adoptadas por la institución.

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Respuestas afirmativas}}{\text{Respuestas afirmativas} + \text{Respuestas negativas}} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Cálculo del Nivel de Riesgo Biológico

El nivel de riesgo biológico al que están expuestos los trabajadores de la PTAR del GAD municipal de Chaguarpamba se calculó en función de la Ecuación 3. Se utilizó esta ecuación considerando los parámetros obtenidos en la investigación *in situ*, como se expone en la metodología.

$$R = G + T + P + F + V - MH \quad \text{Ec. 3}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del fundamento de la metodología BIOGAVAL, complementada con los resultados de laboratorio de la empresa, los organismos encontrados en la PTAR del GAD municipal de Chaguarpamba, causantes de enfermedades en los trabajadores, son, principalmente, *Escherichia Coli*, *Shigella spp*, *Salmonella* y *Áscaris lumbricoides*.

Se clasificaron los microorganismos en función del riesgo de infección. Por lo tanto, *Escherichia Coli*, *Shigella spp*, *Salmonella spp* y *Áscaris Lumbricoides* obtuvieron una puntuación de 2 debido a su peligrosidad, pues podrían causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores si bien el riesgo de propagación es poco probable.

La valoración de la forma de propagación de los microorganismos con los que se trabajó en el estudio se realizó a partir de los análisis de laboratorio de la PTAR.

Según la información recabada, *Escherichia Coli* es un microorganismo transmitido por vía directa de tipo oral, al ingerir alimentos y agua contaminados; sin embargo, su transmisión también puede darse por vía indirecta. *Shigella spp*, *Salmonella spp* y *Áscaris Lumbricoides* se transmiten, por lo general, por ingerir comida o agua contaminada y por contacto con una persona infectada.

Considerando que la población ecuatoriana está constituida por 17 781 537 habitantes, de acuerdo con los datos del registro de la Dirección Epidemiológica referente al agua, se identificó que en el año 2021 *Shigella spp* y *Salmonella spp* fueron los agentes biológicos responsables del mayor número de casos. Por otra parte, a través del

Ministerio de Salud Pública del Ecuador, se valoró también la incidencia de *Escherichia Coli* y *Áscaris Lumbricoides*.

En cuanto a la variable de vacunación, se conoció que los trabajadores no cuentan con un esquema completo de vacunas frente a todos los agentes biológicos analizados en este estudio. Por tanto, el riesgo biológico de los trabajadores es inminente si no se utilizan medidas higiénicas adecuadas. Sin embargo, se identificó que el 100 % de los trabajadores están vacunados contra la hepatitis A y el tétanos.

Así mismo, se analizaron las actividades que se realizan en los diferentes puestos de trabajo en relación con el contacto con los agentes biológicos durante la jornada laboral, sin considerar el tiempo dedicado a otras actividades que no implican exposición a los microorganismos. Así, se obtuvo información del tiempo destinado a las diversas actividades relacionadas con sus labores y de la frecuencia de exposición a los agentes biológicos. Para ello, se consideraron jornadas laborales de ocho horas diarias.

A través del cuestionario de la metodología BIOGAVAL, se analizó el grado de adecuación de las instalaciones de la PTAR, los procedimientos de buenas prácticas y la disponibilidad o ausencia de equipos de protección personal, como elementos para determinar el porcentaje de cumplimiento de las medidas higiénicas propuestas. En este sentido, se obtuvo un porcentaje menor al 50 %, lo que hace referencia a la inexistencia de protocolos que permitan garantizar la salud de los trabajadores en la PTAR. Finalmente, se determinó el nivel de riesgo biológico (R) al que están expuestos los trabajadores según sus actividades diarias en la PTAR (Tabla 1). Para ello, se consideraron las variables a las que se ha hecho referencia previamente.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la aplicación de la metodología BIOGAVAL en los diferentes puestos de trabajo

Puesto a evaluar	Agente biológico	G	T	P	F	V	Mh	R
Operadores	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	3	1	0	7
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	3	1	0	7
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	3	1	0	7
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	3	1	0	8
Laboratorista	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	2	2	0	5
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	2	1	0	7
Técnico ambiental	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	2	1	0	6
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	2	2	0	5
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	2	1	0	7
Técnico de OOPP	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	1	2	0	4
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	1	1	0	6
Director de OOPP	<i>Escherichia coli</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Shigella spp</i>	2	2	1	1	1	0	5
	<i>Salmonella spp</i>	2	1	2	1	2	0	4
	<i>H. Ascaris lumbricoides</i>	2	2	2	1	1	0	6

Nota: G: Grupo del agente biológico; T: Vía de Transmisión; P: Probabilidad de contacto; F: Frecuencia de realización de tareas de riesgo; V: Vacunación; MH: Medidas Higiénicas

El estudio determina que los operadores son los trabajadores que se encuentran mayormente expuestos a estos agentes biológicos; el parámetro de cálculo es de 7 y 8 según cada microorganismo (Tabla 1), lo que se considera como un riesgo aceptable. Sin embargo, frente a este escenario, es importante tomar medidas de tipo preventivo, así como reducir el tiempo de exposición de los trabajadores antes, durante y después de los procesos en la PTAR. Esta metodología ha sido utilizada en otros estudios; Bolaños-Miguez y Escobar-Segovia (2022) señalan un nivel de riesgo biológico (R) para los agentes biológicos más comunes en tratamiento de aguas residuales, como *Leptospira interrogans*, virus de la hepatitis A, virus de la hepatitis B y SARS-CoV-2, igual y superior al nivel de acción biológica (CAB, por sus siglas en inglés), e inferior al nivel límite de exposición biológica (BEL, por sus siglas en inglés). En el estudio realizado en el cantón Chaguarpamba no se considera el SARS-CoV-2 para el análisis, pues la evidencia muestra que son necesarias pruebas que permitan evaluar el riesgo de propagación del virus a través de aguas residuales (Zarei et al., 2018). Algunos estudios han determinado la ineffectividad del SARS-CoV-2 en estas aguas; se han detectado fragmentos de ARN del virus que no se consideran una vía de transmisión del contagio y, aunque esto depende de factores de resistencia y temperatura de estos microorganismos, debido a la evidencia existente, este microorganismo no se asume como un riesgo para los trabajadores (Anand et al., 2022).

Otros estudios realizan una comparativa entre la metodología BIOGAVAL y el método GTC 45 y muestran una correlación positiva perfecta ($Rho=1.00$) en las variables de cumplimiento de las medidas higiénicas-nivel de deficiencia, así como en el nivel de exposición-frecuencia de realización de las actividades. Por otro lado, la determinación del nivel de incidencia-nivel de probabilidad no muestra una correlación significativa ($Rho = 0.103$). En definitiva, no existe correlación significativa ($Rho = 0.468$) entre el método BIOGAVAL y el método GTC 45 (Velásquez y Leal, 2019). La falta de protocolos y de aplicación de las medidas higiénicas se observa en las actividades de la PTAR de Chaguarpamba; este nivel de deficiencia señala la necesidad de implementación de protocolos con medidas preventivas eficientes.

Una de las problemáticas frente a la determinación del nivel del riesgo en actividades con exposición a agentes biológicos, debido a que está desaconsejado el muestreo bacteriológico rutinario y sistémico del aire o superficies por los altos costos y el grado de eficacia, es que los resultados no pueden extrapolarse al resto de ambientes o a otras situaciones, ya que son datos sobre puntos específicos (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018). En una evaluación cuantitativa del riesgo microbiano (QMRA, por sus siglas en inglés), para estimar el riesgo para la salud del adenovirus humano (HAdV) por exposición a bioaerosoles en una planta de tratamiento de aguas residuales, se utiliza un modelo estocástico; sin embargo, aunque los agentes patógenos se detectan directamente, se indica que los métodos analíticos más utilizados para este fin son los biomoleculares (Carducci et al., 2018). Otras metodologías proponen la recolección de bioaerosoles en los trabajadores durante un periodo de tiempo determinado mediante muestreadores personales y fijos en una nave con cámara de rejilla y en una zona de tanques de aireación (Lu et al., 2020). Los métodos mencionados anteriormente se evalúan como de alto costo. A esto se suma la afirmación de que los microorganismos cultivables no son una sola entidad, es decir, se convierten en mezclas complejas; en cuanto a los bioaerosoles, la susceptibilidad del trabajador y el agente biológico influyen en la respuesta frente a estos. Además, se afirma que no es posible valorar todos los componentes de un bioaerosol con un solo método de muestreo y sobre las concentraciones, pues los datos son insuficientes (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018). La información pone en evidencia la factibilidad de la uti-

lización de metodologías prácticas como la BIOGAVAL, que resultan útiles para la valoración del riesgo biológico, así como para orientar medidas preventivas y de control que requieran poco tiempo y tengan costos bajos. Por otro lado, con el fin de obtener resultados confiables, se consideran necesarios conocimientos previos y práctica en la materia para la aplicación de la metodología.

CONCLUSIONES

A partir de la determinación del nivel del riesgo biológico mediante la aplicación de la metodología, se muestra que los agentes microbiológicos peligrosos se originan a partir de los vertidos que descargan los establecimientos y actividades cercanas. Para la aplicación, se analizaron los microorganismos *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Shigella spp* y *Áscaris Lumbricoides*. El nivel del riesgo se determina como "aceptable". La metodología BIOGAVAL se plantea como una alternativa práctica, útil y de bajo costo; por tanto, se considera factible su aplicación en actividades sin intención deliberada de manipulación de agentes biológicos, como es el caso del tratamiento de aguas residuales, frente a métodos cuantitativos de muestreo bacteriológico en aire o superficies. Asimismo, se considera como alternativa frente a la detección de bioaerosoles, considerando que no es posible valorar todos los componentes de un bioaerosol con un solo método de muestreo, lo cual implica procedimientos costosos. La metodología ofrece la aplicación de variables pensadas para obtener resultados con fines preventivos, según la determinación del nivel de riesgo biológico, y para la evaluación de enfermedades transmisibles en los trabajadores y las trabajadoras. Se debe considerar la importancia de los conocimientos previos en la materia para evitar la subjetividad en la aplicación. Finalmente, la metodología ofrece herramientas para estructurar e implementar medidas de control frente a los riesgos biológicos.

Agradecimientos: Gad Municipal de Chaguarpamba de la Provincia de Loja.

Contribución de los autores: Conceptualización, Cuenca-Lozano; metodología, Cuenca - Lozano; validación, Cuenca - Lozano; análisis formal, Guaya, Cuenca - Lozano; investigación, Espinosa, Cuenca-Lozano; recursos, Espinosa, Cuenca - Lozano; curación de datos, Espinosa, Cuenca - Lozano; redacción y preparación del borrador original, Guaya, Cuenca - Lozano; redacción, revisión y edición Guaya, Cuenca - Lozano; visualización, Guaya, Cuenca - Lozano; adquisición de financiación, Cuenca - Lozano. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento". También se sugiere consultar la taxonomía CRediT para ver la explicación del término. La autoría, así como el orden en que figuran, debe limitarse a aquellos que hayan contribuido al artículo presentado.

Fuente de financiamiento: Esta investigación fue financiada por

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Amoah, I. D., Kumari, S. y Bux, F. (2022). A probabilistic assessment of microbial infection risks due to occupational exposure to wastewater in a conventional activated sludge wastewater treatment plant. *Science of The Total Environment*, 843, 156849. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156849>

- Anand, U., Li, X., Sunita, K., Lokhandwala, S., Gautam, P., Suresh, S., Sarma, H., Vellingiri, B., Dey, A., Bontempi, E. y Jiang, G. (2022). SARS-CoV-2 and other pathogens in municipal wastewater, landfill leachate, and solid waste: A review about virus surveillance, infectivity, and inactivation. *Environmental Research*, 203, 111839. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111839>
- Ba-Alawi, A. H., Ifaei, P., Li, Q., Nam, K., Djeddou, M. y Yoo, C. (2020). Process assessment of a full-scale wastewater treatment plant using reliability, resilience, and econo-socio-environmental analyses (R2ESE). *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 259–274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.018>
- Bolaños-Miguez, E. y Escobar-Segovia, K. (2022). Evaluation of risk levels due to exposure to biological agents during the process of collecting household urban solid waste; [Evaluación de los niveles de riesgo por exposición a agentes biológicos durante el proceso de recolección de residuos sólidos urb. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.32>
- Carducci, A., Donzelli, G., Cioni, L., Federigi, I., Lombardi, R. y Verani, M. (2018). Quantitative microbial risk assessment for workers exposed to bioaerosol in wastewater treatment plants aimed at the choice and setup of safety measures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph15071490>
- Demirel, D. F., Gönül-Sezer, E. D. y Pehlivan, S. A. (2022). Analyzing the wastewater treatment facility location/network design problem via system dynamics: Antalya, Turkey case. *Journal of Environmental Management*, 320, 115814. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115814>
- Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2018). *Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. Biogaval - NEO*.
- Iqbal, M. S., Islam, M. M. M. y Hofstra, N. (2019). The impact of socio-economic development and climate change on E. coli loads and concentrations in Kabul River, Pakistan. *Science of The Total Environment*, 650, 1935–1943. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.347>
- Lu, R., Frederiksen, M. W., Uhrbrand, K., Li, Y., Østergaard, C. y Madsen, A. M. (2020). Wastewater treatment plant workers' exposure and methods for risk evaluation of their exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 205, 111365. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111365>
- G. A. D Municipal Chaguarpamba, C. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chaguarpamba*.
- Velásquez, Z. R. C. y Leal, P. R. (2019). Comparative study of methods for the valoration of biological risk; [Comparación de métodos utilizados en la valoración del riesgo biológico]. *Revista de La Asociación Española de Especialistas En Medicina Del Trabajo*, 28(2), 91 – 108. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074034240&partnerID=40&md5=3d638456aab9991e1a24e5e621c73b79>
- Zarei, A., Biglari, H., Mobini, M., Dargahi, A., Ebrahimzadeh, G., Narooie, M. R., Mehrizi, E. A., Yari, A. R., Mohammadi, M. J., Baneshi, M. M., Khosravi, R. y Poursadeghiyan, M. (2018). Disinfecting poultry slaughterhouse wastewater using copper electrodes in the electrocoagulation process. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(4), 1907 – 1912. <https://doi.org/10.15244/pjoes/78150>