

# Fluctuación Físico-Química, costo ambiental y predicción ecotoxicológica mediante programa computacional Gecotoxic® en la laguna de oxidación Yaurilla, Ica-Perú

Physical-Chemical fluctuation, environmental cost and ecotoxicological prediction through Gecotoxic® computational program in the oxidation lagoon of Yaurilla, Ica-Perú

Recibido: junio 05 de 2020 | Revisado: agosto 26 de 2020 | Aceptado: octubre 02 de 2020

FÉLIX R. BELLI CARHUAYO <sup>1A</sup>  
ELIADES P. YARASCA CARLOS <sup>1B</sup>  
GEORGE ARGOTA PÉREZ <sup>2</sup>  
PATRICIA P. HUARANCCA CONTRERAS <sup>1A</sup>  
JOSÉ C. RODRÍGUEZ CHACÓN <sup>1C</sup>  
FLOR A. LAVANDA REYES <sup>1D</sup>

## RESUMEN

El tratamiento inadecuado y sus posibles efectos sociales es una de las preocupaciones ambientales. El propósito del estudio fue evaluar las fluctuaciones de parámetros físico-químicos, costo ambiental y predicción ecotoxicológica mediante programa computacional Gecotoxic® en la laguna de oxidación de Yaurilla, Ica-Perú. Mediante un muestreo probabilístico aleatorio se midió el pH, sólidos totales, conductividad eléctrica y la temperatura del effluente en mayo, junio, julio y diciembre de 2019. Con los parámetros se estimó el costo ambiental sostenible relativo (COASOR) mediante un cociente entre el costo de evaluación (COA) y el costo de prevención normativo (CONP). Los valores hallados se introdujeron al descriptor análisis residual del programa computacional Gecotoxic® para su predicción ecotoxicológica. El rango de variación para los parámetros fue: pH = 6,01–8,01; sólidos totales = 451–818,9 mg.L<sup>-1</sup>; conductividad eléctrica = 921–1737,5 uS/cm y la temperatura = 25,75–25,65°C. La estimación promedio del COASOR fue de recurso sostenible relativo y Gecotoxic® indicó, predicción ecotoxicológica de tipo bajo (30%). Se concluyó que, a pesar de las fluctuaciones entre los valores de los parámetros físico-químicos, el effluente mostró valor de uso como recurso, además, no representó ningún tipo riesgo. No obstante, se recomienda analizarse otros parámetros incluyendo los microbiológicos para la correcta toma de decisiones.

- 1 Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica, Perú.  
a) Ingeniería Ambiental y Sanitaria. bellicarhuayo1954@hotmail.com  
b) Facultad de Ciencias Biológicas. c) Facultad: Mecánica y Eléctrica.  
d) Facultad de Administración. 2 Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medioambiente "AMTAWI". Puno, Perú.

**Palabras clave:** costo ambiental, parámetros físico-químicos, predicción ecotoxicológica, laguna de oxidación

## ABSTRACT

Inadequate treatment and its possible social effects is one of the environmental concerns. The purpose of the study was to evaluate fluctuations in physical-chemical parameters, environmental cost and ecotoxicological

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: [revistacampus@usmp.pe](mailto:revistacampus@usmp.pe).

<https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n30.10>

prediction through The Gecotoxic<sup>®</sup> computational program in the Yaurilla oxidation lagoon, Ica-Peru. The parameters estimated the relative sustainable environmental cost (COASOR) through a ratio between the cost of evaluation (COA) and the cost of regulatory prevention (CONP). The values found were introduced to the residual analysis descriptor of the Gecotoxic computational program<sup>®</sup> for ecotoxicological prediction. The range of variation for the parameters was: pH = 6.01–8.01; solids = 451–818.9 mg. L<sup>-1</sup>; electrical conductivity = 921–1737.5 uS/cm and the temperature is 25.75–25.65°C. The average estimate of COASOR was relative sustainable resource and Gecotoxic<sup>®</sup> indicated, low-type ecotoxicological prediction (30%). It was concluded that, despite fluctuations between the values of the physical-chemical parameters, the effluent showed value of use as a resource, in addition, it did not represent any risk. However, it is recommended to analyze other parameters including microbiological stomas for the correct decision-making.

**Key words:** environmental cost, physico-chemical parameters, ecotoxicological prediction, oxidation lagoon

## Introducción

La contaminación de origen antropogénica demanda más agua potable para el crecimiento y bienestar poblacional (Pritchard et al., 2010; Sato et al., 2013), y a nivel de las plantas de tratamiento, la exigencia resulta cada vez mayor (Verbyla et al., 2016), aunque la remoción total que se espera, no siempre es adecuada porque las plantas de tratamientos convencionales no están diseñadas hacia la eficiencia de transformación de todo tipo de contaminante (Feria & Martínez, 2014; Pal et al., 2014), y por ende; el valor de uso de las descargas puede ser limitado (Argota & Iannacone, 2017).

Las lagunas de oxidación son los sistemas de tratamientos urbanos que por lo general, se utilizan como tecnología de gestión para mitigar los probables efectos de las aguas receptoras superficiales (Robert et al., 2009; Huber et al., 2016; Ivanovsky et al., 2018). El contenido de oxígeno disuelto es lo que diferencia una laguna de oxidación y otra, pues

ellas pueden ser: aireadas con mezcla parcial, facultativas y anaeróbicas (Crites & Tchobanoglous, 2000). Comprender la dinámica del tratamiento para la reutilización de las aguas y que sea de naturaleza sostenible, sigue siendo una de las mayores responsabilidades sociales (Veliz et al., 2007).

El propósito del estudio fue evaluar las fluctuaciones de parámetros físico-químicos, costo ambiental y predicción ecotoxicológica mediante programa computacional Gecotoxic<sup>®</sup> en la laguna de oxidación de Yaurilla, Ica-Perú.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la laguna de oxidación de Yaurilla, Ica-Perú (Latitud Sur: 14° 4' 2.9", Longitud Oeste: 75° 41' 1.8", Altitud: 433 m.s.n.m.) durante los meses de mayo, junio, julio y diciembre de 2019. En el horario de las 06:30 a.m. se realizó el muestreo del efluente sin réplicas siguiendo los protocolos de muestreo y análisis (ISO 1980, 1991, 1994). Mediante un

muestreo probabilístico aleatorio se midió (instrumentación HANNA\*ISE\*EC) el pH, sólidos totales, conductividad eléctrica y la temperatura estimándose con los parámetros físico-químicos, el costo ambiental sostenible relativo mediante un cociente entre el costo de evaluación y el costo de prevención normativo según la siguiente expresión (Argota, Argota & Iannacone, 2016):

$$COASOR = \frac{\sum_i^n COA}{\sum_i^n CONP}$$

- COASOR = costo ambiental sostenible relativo

- COA = costo de evaluación (medición de cumplimiento sobre parámetros)
- CONP = costo de prevención normativo (número de parámetros medidos)
- i) observación inicial y n) observación final

Se muestra el criterio de puntuación ante el cumplimiento del control normativo de regulación (Tabla 1); y luego, establece las categorías de sostenibilidad del recurso agua mediante el cociente que se estableció para los valores hallados (Tabla 2).

Tabla 1  
*Criterio de puntuación / costo ambiental sostenible relativo*

Criterio	Puntuación
Cumple el valor establecido por la norma regulatoria utilizada	1
No cumple el valor establecido por la norma regulatoria utilizada	0

Tabla 2  
*Categorías del costo ambiental sostenible relativo / intervalo*

Categorías de sostenibilidad relativa *	Intervalos
Recurso sostenible relativo	1,0
Recurso moderadamente sostenible relativo	0,85 – 0,99
Recurso ligeramente sostenible relativo	0,6 – 0,84
Recurso poco sostenible relativo	0,41 – 0,59
Recurso no sostenible relativo	0,0 – 0,4

\* Anexo 1: descripción de las categorías de sostenibilidad relativa

Los resultados de los parámetros físico-químicos se compararon con el Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM (Categoría 1: Población y Recreacional; Subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional).

Del mismo modo, los parámetros físico-químicos se introdujeron en el programa computacional Gecotoxic® (Argota, Carbonell & Rodríguez, 2019) para su predicción de riesgo ecotoxicológico. Se utilizó el programa estadístico profesional Epidat versión 4.2 para describir el rango (mínimo y máximo) de los parámetros físico-químicos.

## Resultados y Discusión

Se muestra los valores de los parámetros

físico-químicos en el efluente durante los meses de muestreo para la laguna de oxidación de Yaurilla (Tabla 3).

Tabla 3

*Parámetros físico-químicos / efluentes / meses*

Parámetros físico-químicos	Mayo	Junio	Julio	Diciembre	Enero	Referencia
pH (-log <sub>10</sub> [a <sub>H</sub> <sup>+</sup> ])	7.66	6.01	7.68	8.01	7.85	5,5-9,0
Sólidos totales disueltos (mg/l)	451	771.5	544	818.9	980	1000
Conductividad eléctrica (uS/cm)	921	1548.5	1204	1737.5	1961	1600
Temperatura (°C)	25.05	24.75	25.65	25.5	24.85	Δ3

Dado que, la estimación del COASOR arrojó un valor de 1,0 se indicó como recurso sostenible relativo (Tabla 4).

- COASOR = pH + STD + CE + T / 4
- COASOR = 1 + 1 + 1 + 1
- COASOR = 4 / 4
- COASOR = 1,0

Tabla 4

*Costo ambiental sostenible relativo / aguas residuales*

Categorías de sostenibilidad relativa	INTERVALOS	VALOR
recurso sostenible relativo	1,0	recurso sostenible relativo

Según el programa computacional Gecotoxic®, los valores de parámetros físico-químicos en el efluente indicó predicción de riesgo ecotoxicológica de tipo baja: 30% (Figura 1). Se observó, fluctuaciones en los parámetros físico-químicos en el efluente pero los valores cumplieron con lo recomendado por la

norma ambiental de referencia.

El valor de uso del efluente fue el óptimo (recurso sostenible relativo) siendo fundamental para el riego agrícola de la zona sin probabilidad de ocurrencia de daños considerándose solo, a los parámetros físico-químicos del estudio.

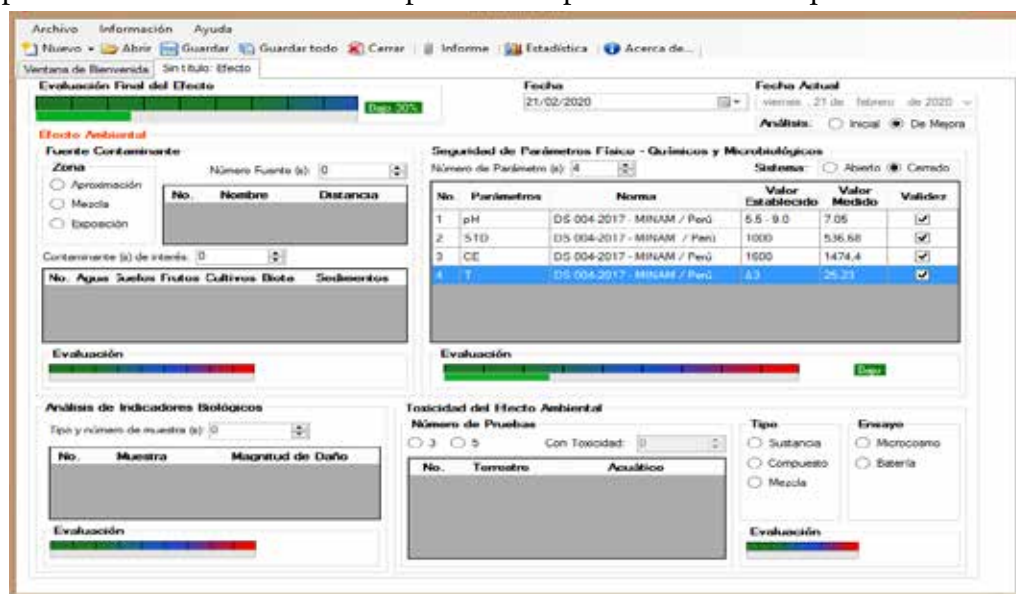


Figura 1. Predicción de riesgo ecotoxicológica / programa computacional Gecotoxic!

Se concluyó que, la laguna de oxidación de Yaurilla mostró adecuado tratamiento del afluente donde su efluente para el periodo de estudio, arrojó uso aceptable como valor de recurso ambiental siendo corroborado mediante la categoría cualitativa y porcentaje de riesgo.

Independientemente de las consecuencias de los parámetros físico-químicos cuando

exceden los límites recomendados fue relevante en el caso de la temperatura que, no hubo variación mayor a 3°C, pues podría generarse la proliferación de enteroparásitos (Moura et al., 2018). Se recomienda, el análisis de otros parámetros físico-químicos incluyéndose a los microbiológicos para evidenciar la correcta toma de decisiones en materia de seguridad ambiental y salud pública.

### ANEXO 1. Categorías de sostenibilidad relativa

1. Recurso sostenible relativo: uso del recurso con muy baja probabilidad de daños ambientales y para la salud pública por transferencia.
2. Recurso moderadamente sostenible relativo: uso del recurso con baja probabilidad de daños ambientales y para la salud pública por transferencia donde se genera cambios muy puntuales.
3. Recurso ligeramente sostenible relativo: uso del recurso con probabilidad de daños ambientales y para la salud pública por transferencia donde se genera cambios no puntuales.
4. Recurso poco sostenible relativo: uso del recurso con elevada probabilidad de daños ambientales y para la salud pública por transferencia que generan determinadas pérdidas.
5. Recurso no sostenible relativo: uso del recurso con muy elevada probabilidad de daños ambientales y para la salud pública por transferencia que resultan invalidantes.

### Referencias

- Argota, P.G., Carbonell, M.A.C. & Rodríguez, A.M. (2019). Gecotoxic®. Certificado de Registro de Programas Ordenador. No. Partida Registral: 01025-2019. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Lima, Perú.
- Argota, P.G. & Iannacone, O.J. (2017). Predicción cuantitativa mediante biomarcadores de uso permanente como nuevo criterio para biomonitores en ecotoxicología acuática. *The Biologist* (Lima), 17: 141–153. Doi: 10.24039/rtb2017151150
- Feria, D.J.J. & Martínez, A.L.E. (2014). Tratamiento de lodos de fondo de lagunas facultativas con estabilización en condiciones de laboratorio. *Revista EIA*; 11(21), 113–122. Doi: 10.14508/reia.2014.11.21.113-122
- Huber, M., Welker, A. & Helmreich, B. (2016). Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: occurrence, influencing factors, and partitioning. *Sci. Total Environ*; 541, 895–919. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.033
- Ivanovsky, A., Belles, A., Criquet, J., Dumoulin, D., Noble, P.,

- Alary, C. & Billon, G. (2018). Assessment of the treatment efficiency of an urban stormwater pond and its impact on the natural downstream watercourse. *Journal of Environmental Management*; 226, 120–130. Doi: 10.1016/j.jenvman.2018.08.015
- Moura, R.G.F. Oliveira, S.M.B., Pedrosa, A.L. & et al. (2018). Ocurrencia de *Blastocystis* spp. en animales domésticos en el área de Triângulo Mineiro de Brasil. *Rev. Soc. Bras. Medicina. Trop*; 51(2), 240–243. Doi: 10.1590/0037-8682-0484-2016
- Normalization Standart International: ISO 5667-1. 1980. Water quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes.
- Normalization Standart International: ISO 5667-2. 1991. Water quality. Sampling. Part 2: Guidance on sampling techniques.
- Normalization Standart International: ISO 5667-3. 1994. Water quality. Sampling. Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples.
- Pal, A., He, Y., Jekel, M., Reinhard, M. & Gin, K.Y. (2014). Emerging contaminants of public health significance as water quality indicator compounds in the urban water cycle. *Environ. Int*; 71, 46–62. Doi: 10.1016/j.envint.2014.05.025
- Pritchard, D.L., Penney, N., McLaughlin, M.J., Rigby, H., Schwarz, K.R. (2010). Land application of sewage sludge (biosolids) in Australia: risks to the environment and food crops. *Water Sci. Technol. WST*; 62(1), 48–57. Doi: 10.2166/wst.2010.274
- Robert, S.P., Gromaire, M.C., De Gouvello, B., Saad, M., Chebbo, G. (2009). Annual metallic flows in roof runoff from different materials: test-bed scale in Paris conurbation; *Environ. Sci. Technol*; 43, 5612–5618. Doi: 10.1021/es9002108
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., Zahoor, A., 2013. Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agric. Water Manag*; 130, 1–13. Doi: 10.1016/j.agwat.2013.08.007
- Veliz, E., Llanes, J., Asela, L. & Batallar, M. (2007). Reúso de las aguas domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Rev. CENIC Ciencias Biológicas*; 40(1), 35–44. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181221574007.pdf>
- Verbyla, M.E., Iriarte, M.M., Mercado, G.A., Coronado, O., Almanza, M. & Mihelcic, J.R. (2016). Pathogens and fecal indicators in waste stabilization pond systems with direct reuse for irrigation: fate and transport in water, soil and crops. *Sci. Total Environ*; 551–552, 429–437. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.159