



Title: Analysis of correlations in the growth of biogranules from synthetic wastewater of industrial origin

Authors: MIRANDA-FLORES, Germán, SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, Celina and MORENO-RODRÍGUEZ, Ernestina

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BECORFAN Control Number: 2022-01

BECORFAN Classification (2022): 131222-0001

Pages: 25

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones

Referencias

Introducción

En la agricultura por los procesos metabólicos y químicos empleados abundan compuestos orgánicos como lo es el nitrógeno y fósforo, y pesticidas y farmacéuticos. (Dordio & Carvalho, 2013).

Agua industrial: carga orgánica, metales pesados y materiales que no se desintegran. (Abdelbasir & Shalan, 2019).



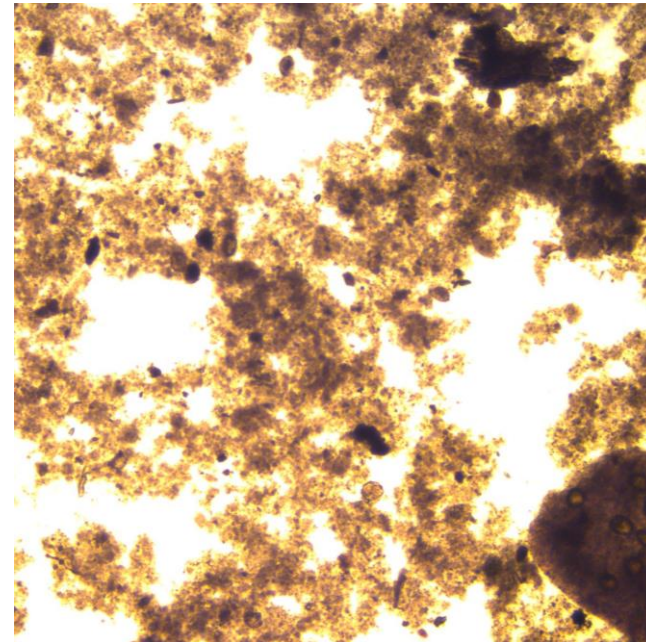
La reducción de la contaminación y el reúso del agua son primordiales. (WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme), 2019).

El tratamiento biológico debido a su eficiencia y bajo costo es empleado en muchas plantas de tratamiento de aguas, siendo el método más competitivo.

Pero hablando en general de las plantas de tratamiento varios aspectos pueden afectar la eficiencia de remoción de los gránulos y pueden causar fallos en su estabilidad (Adav et al., 2008; Liu, Yu and Liu, 2006; Su & Yu, 2005).

Los lodos granulares aeróbicos se han aplicado para el tratamiento de aguas residuales orgánicas de alta concentración, desempeñando un papel prometedor en la adsorción de sustancias químicas tóxicas (Adav et al., 2008), solo por mencionar que los metales pesados altamente tóxicos se eliminaron con gránulos de lodo por biosorción (Liu et al., 2002, 2003c,d).

Imagen 1: Lodos granulares en el 12° ciclo

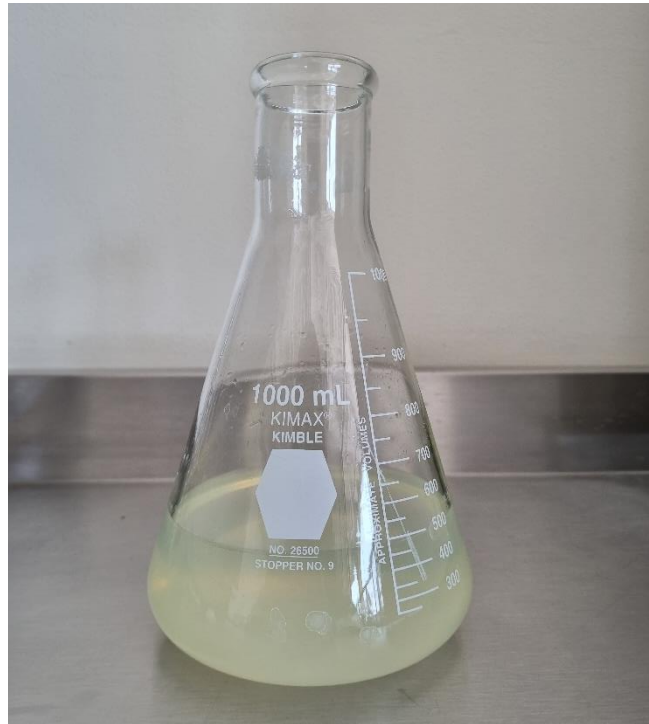




Metodología

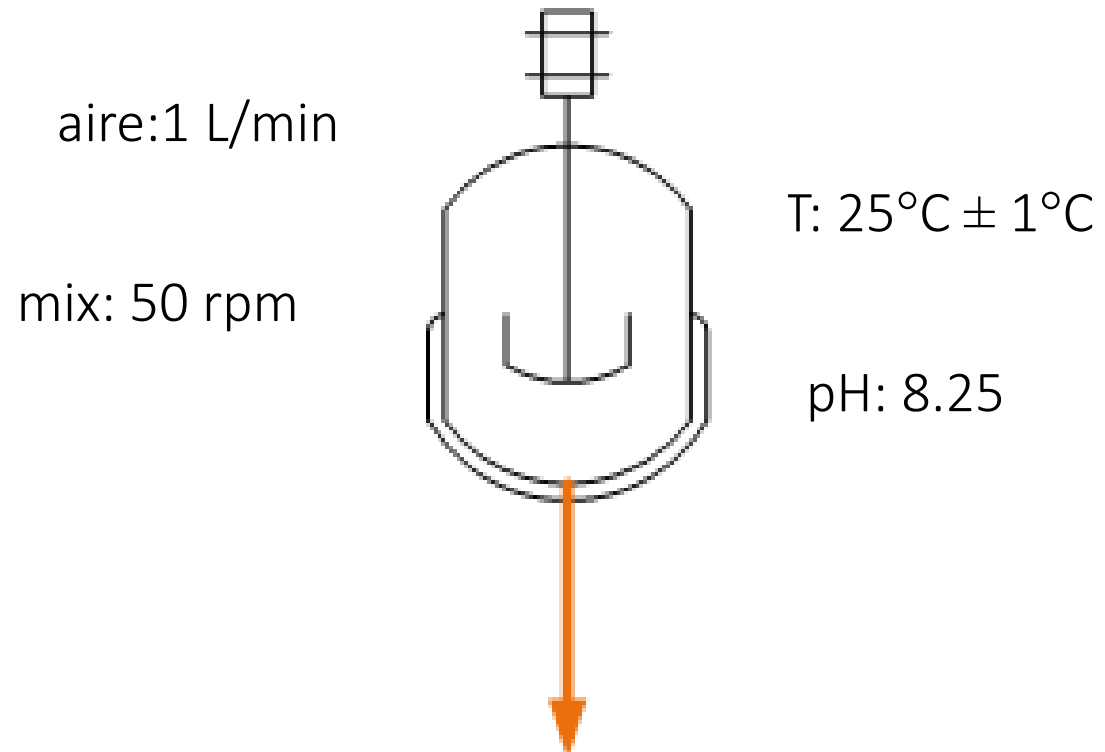
Para la muestra de lodos se dejó sedimentar durante 5 min para poder separar el agua de los lodos sedimentados para poder alimentarlos al reactor.

Tabla 1: Composición del agua sintética (Muda et al., 2010)



Componente	Fórmula	Dosis	Unidades
Acetato de sodio	CH ₃ COONa	1.5	g/L
Fenol	C ₆ H ₆ O	0.20	
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	5	
Cloruro de calcio	CaCl ₂	2	
Cloruro de hierro	FeCl ₃	110	mg/L
Sulfato cúprico	CuSO ₄	50	
Cloruro de potasio	KCl	100	
Cloruro de aluminio	AlCl ₃	90	
Sulfato de zinc heptahidratado	ZnSO ₄ *7H ₂ O	120	

Condiciones del biorreactor





Análisis estadístico

Se usó el método de correlación de Pearson que permiten identificar relaciones lineales y no lineales entre diferentes variables (Günther et al., 2012; Hu et al., 2019; Liao et al., 2021; Rashid & Liu, 2020).

Es por ello que nuestro objetivo es estudiar el comportamiento de variables como pH, conductividad, temperatura, OD y la densidad con este método y obtener su correlación en los ciclos aerobios y anaerobios

Análisis de correlación de Pearson

Para medir las relaciones lineales y no lineales entre dos variables se empleó el siguiente método:

$$r_{xy} = \frac{E[xy]}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \sum(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N x_i, \text{ es la media de } x$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N y_i, \text{ es la media de } y$$

r_{xy} , es el coeficiente de correlación

$E[xy]$, es la relación cruzada entre "x" y "y".

Tabla 2: Interpretación de coeficientes de correlación.
Adaptado de (Zou, Kelly H and Tuncali, Kemal and Silverman, 2003)

Valores de coeficientes de correlación	Dirección o fuerza de la correlación
-1.0	Perfectamente negativo
-0.8	Fuertemente negativo
-0.5	Moderadamente negativo
-0.2	Débilmente negativo
0.0	Sin relación
0.2	Débilmente positivo
0.5	Moderadamente positivo
0.8	Fuertemente positivo
1.0	Perfectamente positivo

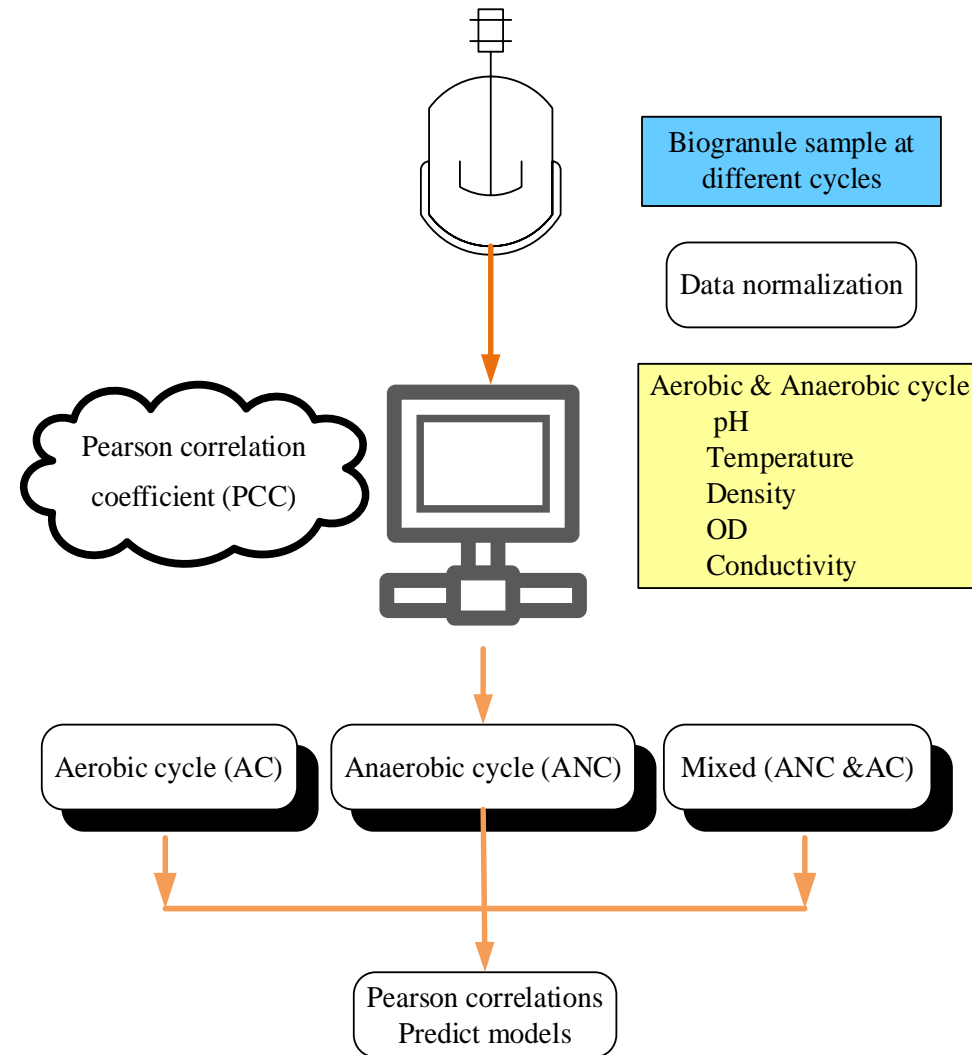


Análisis de datos

Debido al comportamiento no normal de algunas variables, se normalizaron antes de implementarse el análisis de correlación de Pearson. El análisis se llevó a cabo en el software Minitab®21.2, considerando los siguientes ciclos:

- Ciclos aerobios (AC): 4 días
 - Ciclos anaerobios (ANC): 3 días
 - Ambos ciclos (ANC & AC): total
-

Imagen 2: Proceso esquemático de las correlaciones de Pearson en el SBR durante los diferentes ciclos. Elaborada por autor



Resultados

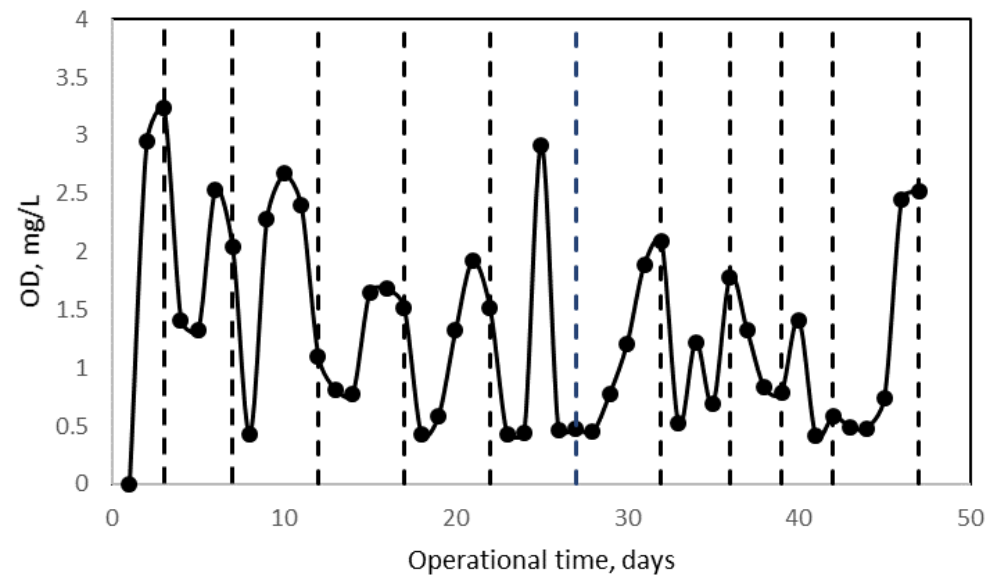
Considerando la totalidad de datos se pudo crear un promedio de las variables físicas de los ciclos, como se puede apreciar en la siguiente tabla

Tabla 3: Parámetros operacionales promedio

Propiedad	Valor promedio
pH	8.25
T (°C)	24.63
OD (mg/L)	1.35
cond (mS/cm)	5.76
Mezclado (rpm)	54.48
ρ (g/cm ³)	0.98

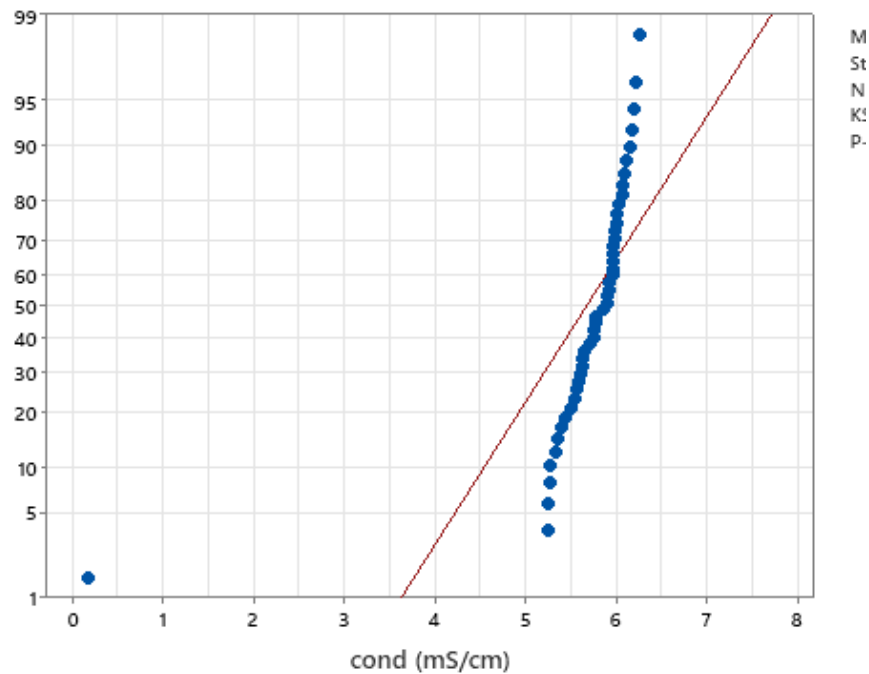
Variaciones del OD en el reactor

Imagen 3: Comportamiento del OD a lo largo de los 12 ciclos estudiados. Elaborada por autor

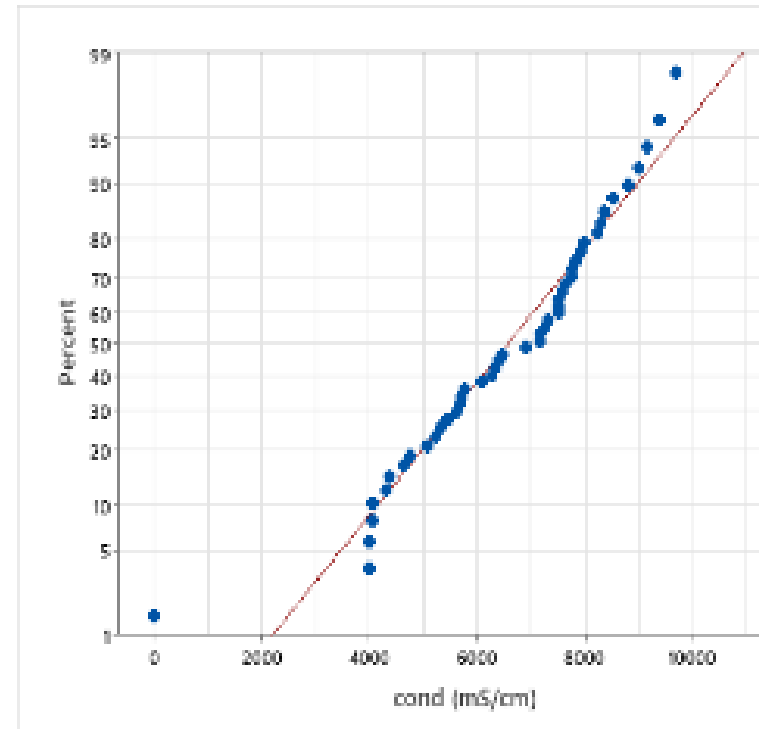


Normalización de datos

Debido al comportamiento no normal de algunas variables se tuvieron que realizar algunos ajustes usando la transformación de Box Cox ($\lambda=0.5$), las variables normalizadas fueron temperatura, agitación y conductividad



a) Distribución no normal



b) Distribución normal

Correlaciones obtenidas

Correlación positiva entre pH y el OD afecta la remoción de nitrógeno donde las bacterias nitrificantes fueron inhibidas.

La temperatura como variable dependiente fue relacionada con la conductividad y la agitación como variables independientes. (Yin et al., 2016)

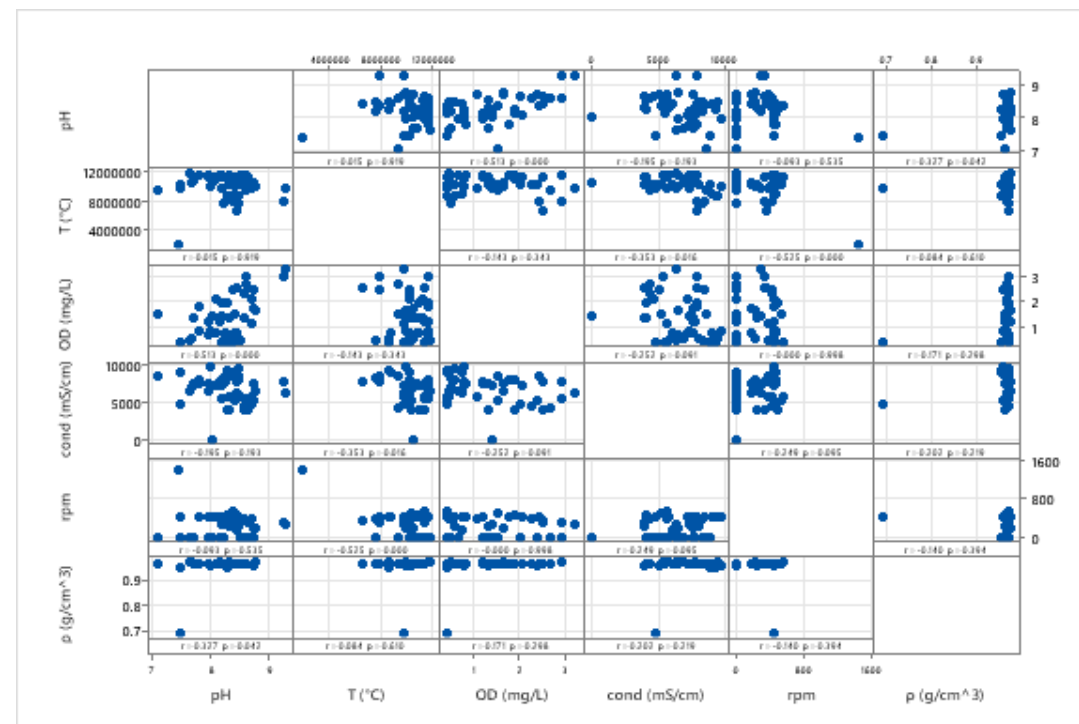


Tabla 4: Modelos de correlación por ciclos

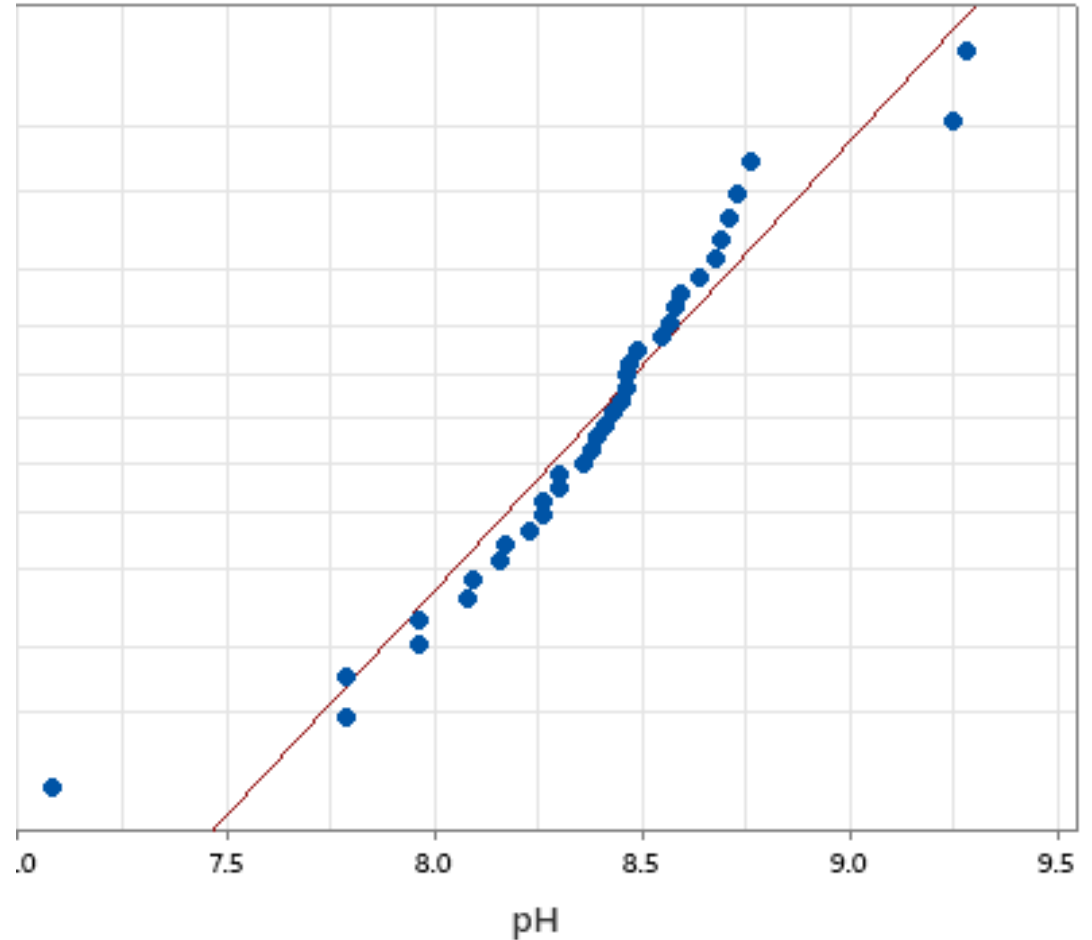
Correlación	Modelo	R ² (%)	Ciclo
Moderadamente positivo	$pH = 7.904 + 0.269 OD$	26.33	Both
Moderadamente negativo	$T = 11.9 \times 10^6 - 224 Cond - 37952 Mix$	13.44	Both
Moderadamente negativo respecto al OD y moderadamente positivo respecto a la conductividad	$pH = 8.447 + 0.1652 OD - 4.4 \times 10^{-5} Cond$	20.55	AC
Moderadamente negativo	$T = 12.424361 \times 10^6 - 329 Cond$	15.88	AC
Moderadamente negativo	$OD = 2.553 - 0.000159 Cond$	9.47	AC
Moderadamente positivo	$Cond = 5727 - 158.5 rpm$	9.75	AC
Fuertemente positivo	$Cond = 128693 - 5022 Dens$	26.80	ANC
Moderadamente negativo	$T = 11.988949 \times 10^6 - 235 Cond$	10.34	ANC
Moderadamente positivo	$OD = -0.012 + 0.000106 Cond$	14.63	ANC
Moderadamente positivo	$pH = 8.516 - 0.243 OD$	22.80	ANC
Moderadamente negativo	$rpm = 191 - 7.80 Dens$	13.07	ANC

Conclusiones

Se encontró que el pH y la temperatura presentan una correlación moderadamente positiva en la remoción de contaminantes en aguas residuales.

Estas relaciones también podrían influir en los factores-valores operativos (DO, temperatura, aireación) o en las características del biogranulado (tiempos de sedimentación, comunidad microbiana, densidad de masa, alta retención de biomasa).

Además, este estudio proporciona una base para encontrar las variables que podrían mejorar las propiedades aeróbicas o anaeróbicas durante el proceso de granulación.



Agradecimientos

A la Dra. Ernestina Moreno Rodríguez, maestra, mentora y amiga que me ha apoyado y motivado durante todo este proceso

A mi madre que ha sido mi inspiración y motor para la realización del proyecto

A mis compañeros de laboratorio que colaboraron en las mediciones del reactor

Al Consejo Estudiantil de la Universidad de las Américas Puebla por el apoyo económico

A la Universidad de las Américas Puebla por permitirme usar sus laboratorios, reactivos y software para la realización de este artículo



Muchas gracias por su atención



Referencias

- Abdelbasir, S. M., & Shalan, A. E. (2019). An overview of nanomaterials for industrial wastewater treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 36(8), 1209–1225. <https://doi.org/10.1007/s11814-019-0306-y>
- Adav, Sunil S and Chen, Ming-Yuan and Lee, Duu-Jong and Ren, N.-Q. (2007). Degradation of phenol by aerobic granules and isolated yeast *Candida tropicalis*. *Biotechnology and Bioengineering*, 96(5), 844--852.
- Adav, S. S., Lee, D. J., & Lai, J. Y. (2007). Effects of aeration intensity on formation of phenol-fed aerobic granules and extracellular polymeric substances. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77(1), 175–182. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1125-3>
- Adav, S. S., Lee, D. J., Show, K. Y., & Tay, J. H. (2008). Aerobic granular sludge: Recent advances. *Biotechnology Advances*, 26(5), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.05.002>
- Arrojo, Belen and Mosquera-Corral, Anuska and Garrido, Juan M and Méndez, R. (2004). Aerobic granulation with industrial wastewater in sequencing batch reactors. *Water Research*, 38(14–15), 3389–3399

- Czarnota, J., Masłoń, A., & Zdeb, M. (2018). Powdered keramsite as unconventional method of AGS technology support in GSBRR reactor with minimum-optimum OLR. *E3S Web of Conferences*, 44. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400024>
- Dordio, A., & Carvalho, A. J. P. (2013). Constructed wetlands with light expanded clay aggregates for agricultural wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 463–464, 454–461. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.052>
- Günther, S., Koch, C., Hübschmann, T., Röske, I., Müller, R. A., Bley, T., Harms, H., & Müller, S. (2012). Correlation of community dynamics and process parameters as a tool for the prediction of the stability of wastewater treatment. *Environmental Science and Technology*, 46(1), 84–92. <https://doi.org/10.1021/es2010682>
- Hu, W., Guo, Y., Tian, J., & Chen, L. (2019). Eco-efficiency of centralized wastewater treatment plants in industrial parks: A slack-based data envelopment analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 141(July 2018), 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.020>

Lee, D. J., Chen, Y. Y., Show, K. Y., Whiteley, C. G., & Tay, J. H. (2010). Advances in aerobic granule formation and granule stability in the course of storage and reactor operation. *Biotechnology Advances*, 28(6), 919–934. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.08.007>

Liao, Z., Chen, Z., Xu, A., Gao, Q., Song, K., Liu, J., & Hu, H. Y. (2021). Wastewater treatment and reuse situations and influential factors in major Asian countries. *Journal of Environmental Management*, 282(January). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111976>

Muda, K., Aris, A., Salim, M. R., Ibrahim, Z., Yahya, A., van Loosdrecht, M. C. M., Ahmad, A., & Nawahwi, M. Z. (2010). Development of granular sludge for textile wastewater treatment. *Water Research*, 44(15), 4341–4350. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.05.02>

Ni, Bing-Jie and Xie, Wen-Ming and Liu, Shao-Gen and Yu, Han-Qing and Wang, Ying-Zhe and Wang, Gan and Dai, X.-L. (2009). Granulation of activated sludge in a pilot-scale sequencing batch reactor for the treatment of low-strength municipal wastewater. *Water Research*, 43(3), 751–761.

Othman, I., Anuar, A. N., Ujang, Z., Rosman, N. H., Harun, H., & Chelliapan, S. (2013). Livestock wastewater treatment using aerobic granular sludge. *Bioresource Technology*, *133*, 630–634. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.149>

Rashid, S. S., & Liu, Y. Q. (2020). Assessing environmental impacts of large centralized wastewater treatment plants with combined or separate sewer systems in dry/wet seasons by using LCA. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(13), 15674–15690. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08038-2>

Su, K. Z., & Yu, H. Q. (2005). Formation and characterization of aerobic granules in a sequencing batch reactor treating soybean-processing wastewater. *Environmental Science and Technology*, *39*(8), 2818–2827. <https://doi.org/10.1021/es048950y>

Widyarani, Wulan, D. R., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., & Sintawardani, N. (2022). Domestic wastewater in Indonesia: generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(22), 32397–32414. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19057-6>

WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme). (2019). *The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind*.

Yin, Z., Santos, C. E. D. dos, Vilaplana, J. G., Sobotka, D., Czerwionka, K., Damianovic, M. H. R. Z., Xie, L., Morales, F. J. F., & Makinia, J. (2016). Importance of the combined effects of dissolved oxygen and pH on optimization of nitrogen removal in anammox-enriched granular sludge. *Process Biochemistry*, *51*(9), 1274–1282. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.05.025>

Zou, Kelly H and Tuncali, Kemal and Silverman, S. G. (2003). Correlation and simple linear regression. *Radiology*, *277*(3), 617--628. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89993-0_6



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)