

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Aplicación de microorganismos eficaces para la reducción de concentración de materia orgánica en aguas residuales de una avícola

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Roland Renato Vidaurre Moreno

Asesor:

Kátherin Jina Luz Pinedo Gómez

Tarapoto, abril del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo, Mag. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES PARA LA REDUCCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DE UNA AVÍCOLA ”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Roland Renato Vidaurre Moreno para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 8 días del mes de abril del año 2022.



Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a...08... día(s) del mes de...Abril... del año 2022... siendo las...11:00...horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtro. Carmelino Almestar Villegas el (la) secretario(a): Mtro. Jhon Patrick Rios Bartra y los demás miembros: Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

..... y el (la) asesor(a) Mtra. Kätterin Jina Luz Pinedo Gómez con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Aplicación de microorganismos eficaces para la reducción de concentración de materia orgánica en aguas residuales de una Avícola, Tarapoto 2020"

..... del(los) bachiller(es): a) Roland Renato Vidaurre Moreno

..... b).....

..... c).....

..... conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Roland Renato Vidaurre Moreno

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la reducción de la concentración de materia orgánica del agua residual de una avícola. Para ello se realizaron dos evaluaciones al agua residual, antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (EM). Los parámetros evaluados fueron pH, temperatura, aceites y grasas, DBO y DQO, cuyos valores antes de la aplicación de los EM, fueron respectivamente 6.05, 20.9°C, 2106.7 mg/L, 867 mg/L y 3060 mg/L. Mientras que, después de la aplicación de EM los valores de los parámetros fueron respectivamente 7.83, 29.7°C, 128.6 mg/L, 3400 mg/L y 7786 mg/L. Comparando con los límites máximos permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; los parámetros que cumplen con el LMP son pH, y temperatura. No hubo reducción de los parámetros DBO, DQO y SST, debido a una excesiva cantidad de materia orgánica en el agua residual, como consecuencia del incremento de la demanda de aves beneficiadas en la época de pandemia por la Covid-19; lo cual originó que el sistema de tratamiento reciba una sobrecarga de materia orgánica.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, DBO, avícola, tratamiento biológico, biorremediación

Abstract

The study aimed to determine the effect of effective microorganisms in reducing the concentration of organic matter in the wastewater of a poultry farm. For this, two evaluations were carried out on the residual water, before and after the application of effective microorganisms (EM). The parameters evaluated were pH, temperature, oils and fats, BOD and COD, whose values before the application of the EMs were respectively 6.05, 20.9°C, 2106.7 mg / L, 867 mg / L and 3060 mg / L. Whereas, after the application of EM the parameter values were respectively 7.83, 29.7°C, 128.6 mg / L, 3400 mg / L and 7786 mg / L. Comparing with the maximum permissible limits (LMP) of Supreme Decree No. 003-2010-MINAM; the parameters that comply with the LMP are pH, and temperature. There was no reduction in the BOD, COD and SST parameters, due to an excessive amount of organic matter in the wastewater, as a consequence of the increase in the demand for birds benefited in the time of the Covid-19 pandemic; which caused the treatment system to receive an overload of organic matter.

Keywords: Efficient microorganisms, BOD, poultry, biological treatment, bioremediation

Introducción

El manejo adecuado de las aguas residuales, es uno de los desafíos ambientales con mayor relevancia en todo el mundo, debido a que, los efluentes se generan en gran parte de las actividades humanas, comerciales o industriales. Los residuos más comunes que se encuentran en las aguas residuales son, papeles, colillas de cigarro, empaques de galletas, botellas plásticas, hidrocarburos, aceites, residuos vegetales, etc.; los cuales generan un impacto negativo en el ambiente y la salud pública. De igual manera, el sector industrial es responsable por la generación de aguas residuales con mayor carga orgánica, comparado con otros sectores (Aranda, 2018).

Actualmente, la industria avícola viene experimentando un crecimiento en la producción, debido a la aplicación de tecnologías modernas, constituyéndose una de las grandes industrias, participando en la estructura de valor bruto de la producción agropecuaria en 25.4%, un 5.4% más en comparación con el periodo 2018, llegando a colocar 765263 miles de pollos de engorde durante el año 2019. Este crecimiento en la producción, trae aparejado, la generación de un gran volumen de efluentes del proceso de producción.

El tratamiento de las aguas residuales presenta cuatro etapas, a saber: Preliminar, primario, secundario y terciario. En el tratamiento preliminar se acondiciona el agua residual para los tratamientos posteriores; el tratamiento primario consiste en la remoción de sólidos en suspensión y material sedimentable del agua residual. Asimismo, en el tratamiento secundario, se logra remover entre el 80 y 95% de la carga orgánica (DBO) del agua residual. Por otro lado, en el tratamiento terciario, se logra remover los nutrientes, metales pesados y microorganismos del agua residual (Caldera *et al.*, 2010).

Centrándose en el contexto local, las empresas avícolas generan aguas residuales, como consecuencia del proceso de beneficio de las aves, las cuales presentan diversos residuos; entre ellos, la grasa, sangre y plumas. Estas aguas residuales requieren de diversos tratamientos, para remover los sólidos suspendidos y la DBO, antes de su vertimiento al cuerpo receptor.

Frente a este contexto, es necesario plantear el uso de alternativas para el tratamiento de aguas residuales, que tengan un impacto mínimo en el ambiente y que sean viables económicamente, razón por la cual se podría desarrollar el uso de la tecnología de microorganismos eficientes, para el tratamiento de aguas residuales.

La Tecnología de Microorganismos Eficaces (EM por sus siglas en inglés), es antioxidante y probiótico con un amplio abanico de usos gracias, a los microorganismos que lo componen que, actuando de manera sinérgica, generan sustancias benéficas como antioxidantes, aminoácidos, vitaminas, enzimas y ácidos orgánicos. La tecnología EM, es particularmente eficaz para reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la población de patógenos como coliformes, salmonella y otros, en efluentes domésticos y de industria, reduciendo significativamente su impacto en los cursos de agua donde se vierten y el ambiente en general.

Los microorganismos eficientes, están conformados por cuatro grupos de microorganismos, bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas palustris*), al igual que las bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*) y levaduras (*Saccharomyces sp*) y actinomicetos. Estos microorganismos, mediante el desarrollo de reacciones bioquímicas, degradan y oxidan la materia orgánica (Faife-Pérez *et al.*, 2018).

De esta manera, los microorganismos eficientes contribuyen con la reducción de la carga orgánica de aguas residuales, evitando así la contaminación del ambiente.

Una de las ventajas del uso de microorganismos eficientes para remover la carga orgánica de aguas residuales, es el uso mínimo de consumo de energía (Martelo and Lara, 2012).

En el estudio desarrollado por Herrera and Corpas (2013) se encontró que, mediante la aplicación de microorganismos eficientes, se reduce la demanda bioquímica de oxígeno en un 68.58%, al aplicar microorganismos benéficos al agua residual, en una concentración de 2%.

Por otro lado, los microorganismos eficientes aceleran la descomposición de la materia orgánica de los efluentes, de tal manera que mantienen un equilibrio en el sistema, en el cual se desarrollan.

Al utilizar microorganismos eficientes se reduce el 70% de la DQO del agua residual doméstica,. A su vez los microorganismos hacen que el pH se modificara desde valores neutros hasta ligeramente alcalino (Correa *et al.*, 2014).

Así mismo, los microorganismos eficientes representan una alternativa para la solución de contaminación hídrica. Se aplicó microorganismos eficientes al agua residual municipal en una dosis del 10%, obteniéndose una eficiencia de remoción de la DBO del 82% (Romero López and Vargas Mato, 2017).

De otro lado, el uso de microorganismos eficientes para el tratamiento del agua residual, hace que el pH se vuelva ácido, desde 6.0 a 5.5; mientras que la temperatura aumenta, debido a las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el agua residual.

En un contexto nacional, se utilizó una concentración de 1.8×10^9 UFC/ml (*Lactobacillus sp.*, *Schizosaccharomyces pombe* y bacterias rojas no sulfurosas) para el tratamiento de agua residual, encontrando una eficiencia de remoción de la DBO del 47%, desde 247.2 mg/L para el agua residual sin tratar hasta 132.1 del agua residual tratada; con esto se concluye que los microorganismos eficientes tienen eficacia media en la remoción de la DBO del agua residual⁸. Asimismo, al utilizar una dosis de EM de 25%, lograron la remoción del 68% de la DQO y el 66% de la DBO del agua residual doméstica. Pese a encontrar eficiencias medias de remoción; los autores mencionan que existen otros métodos para remover la carga orgánica del agua residual, con mayor eficiencia (Calderón, Huaranca and Díaz, 2019).

De la misma manera, Pérez, Armenteros and Hernández (2016) mencionan que es necesario remover la carga orgánica y otros contaminantes del agua residual, antes de su descarga a los cuerpos hídricos; en ese sentido, su tratamiento implica realizar operaciones unitarias como la sedimentación, filtración y tratamientos biológicos, para eliminar los compuestos contaminantes.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la reducción de la concentración de materia orgánica del agua residual de la Avícola Selva S.A.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la Avícola Selva S.A., ubicado en la ciudad de Tarapoto. El muestreo se realizó en febrero del 2020. Para desarrollar el estudio, se utilizó los siguientes materiales e insumos: Baldes de 20 L de capacidad, 1 L de melaza, Cinta de embalaje y microorganismos eficientes.

Métodos

Para la recolección de los datos, se seleccionó un diseño experimental de tipo pre experimental, ya que las mediciones se realizaron, antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces. La variable dependiente fue la calidad del agua residual, la cual se mide por los siguientes parámetros: pH, temperatura, aceites y grasas, DBO y DQO. Para conocer las características del agua residual de la avícola, se recolectó una muestra de 1 L (control), la cual fue enviada al laboratorio INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Luego, se realizó la activación de los microorganismos durante una semana. Para ello, se colocó en un recipiente cilíndrico de 20 L de capacidad, un volumen de 18 L de agua sin clorar, 1 L de microorganismos y 1 L de melaza. Posteriormente se cerró herméticamente el recipiente (proceso anaeróbico) durante una semana. Luego se realizó la aplicación de los microorganismos eficaces, en una proporción de 1 L de microorganismos activados para 20 L de agua residual (5%). La aplicación se hizo a un recipiente cilíndrico de 2500 L de capacidad. Para cumplir la proporción antes mencionada, se vertió 2475 L de agua residual y 125 L de microorganismos eficaces. Finalmente, la evaluación de los parámetros pH, temperatura, aceites y grasas, DBO y turbidez del agua residual; se realizó antes de la aplicación de los microorganismos y después de una semana de la aplicación.

Resultados

Se obtuvo los siguientes valores de los parámetros del agua residual de la avícola, antes del tratamiento: pH 6.05, temperatura 20.9°C, aceites y grasas 2106.7 mg/L, DBO 867 mg/L, DQO 3060 mg/L y STS 430 mg/L. Comparando con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; solamente la temperatura (< a 35°C) cumple con el LMP del mencionado decreto. Por esta razón se procedió a realizar el tratamiento de las aguas residuales utilizando microorganismos eficientes a una dosis del 5%.

Asimismo, después de la aplicación de microorganismos eficientes al agua residual de la avícola, se obtuvo los siguientes valores para los parámetros: pH 7.83, temperatura 29.70°C, aceites y grasas 128.6 mg/L, DBO 3400 mg/L, DQO 7786 mg/L y STS 1680 mg/L (ver tabla 1). Comparando con los límites máximos permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM; los parámetros que

cumplen con el LMP son pH y temperatura. Mientras que los parámetros aceites y grasas, DBO, DQO y SST, no cumplieron con esta normativa. Por otro lado, para el parámetro aceites y grasas, se obtuvo una eficiencia de remoción del 94%.

Discusión

El aumento de los valores de los parámetros DBO, DQO y SST, se debe a la cantidad excesiva de materia orgánica en el agua residual, como consecuencia del incremento de la demanda de aves beneficiadas en la época de la pandemia Covid-19; lo cual originó que el sistema de tratamiento reciba una sobrecarga de materia orgánica. También, el aumento de caudal, con la consecuente reducción del área de tratamiento, puede generar sobrecarga orgánica e hidráulica en el sistema, lo cual trae consigo, el aumento de los parámetros indicadores de la carga orgánica como la DBO y DQO, generando con ello el incumplimiento de la normativa de los LMP y por ende problemas de salud pública (Espinoza, 2010).

Con respecto al pH, tanto en las mediciones inicial y final, se obtuvo valores alejados de la neutralidad. Esta es una de las razones por las que, tanto la DBO como la DQO, no se hayan reducido. Ya que de acuerdo con Santos (2014), el pH del agua residual alejado de la neutralidad, tiende a afectar la tasa de crecimiento de los microorganismos; inhibiéndose con ello los procesos metabólicos y la consecuente descomposición de la materia orgánica.

Asimismo, otra posible causa del aumento de la carga orgánica se explica por el aumento del índice de bio-degradabilidad del agua residual, ya que, inicialmente el agua residual de la avícola tuvo un índice de bio-degradabilidad de 3.53 (medianamente biodegradable); mientras que después de transcurrida una semana desde la aplicación de microorganismos eficientes; este índice fue de 2.29 (agua biodegradable). Esto confirma la actividad microbiana de convertir el agua de una condición a otra, pese a no evidenciarse una disminución de la DBO y DQO. Al aplicar microorganismos eficientes al agua residual municipal y encontraron un aumento de la DBO, después de dos días de aplicación; y sostienen que este comportamiento se debe al aumento del índice de bio-degradabilidad del agua residual, convirtiéndola en menos biodegradable (Romero López and Vargas Mato, 2017). Por otro lado, al aumentar la dosis de EM aplicada al agua residual, el pH disminuye y consecuentemente la DBO aumenta.

Inicialmente se obtuvo una concentración elevada de aceites y grasas 2106.7 mg/L. Mientras que, en la muestra final la concentración fue 128.6 mg/L, esto representa una eficiencia del 94%. Pese a que el sistema no contaba con una trampa de grasas, los microorganismos eficientes, lograron remover los aceites y grasas del agua residual. Acorde con lo anterior, C-PORT BRASIL, citado por Santos (2014), obtuvo una eficiencia del 90% en la remoción de materia orgánica del agua residual, entre ellos aceites y grasas, utilizando para ello, tratamiento biológico.

Conclusión

En el presente estudio, no se evidenció la reducción de los parámetros DBO, DQO y SST, debido a una excesiva cantidad de materia orgánica en el agua residual, como consecuencia del incremento de la demanda de aves beneficiadas en la época de pandemia por la Covid-19; lo cual originó que el sistema de tratamiento reciba una sobrecarga de materia orgánica.

Referencias bibliográficas

- Aranda, J. (2018) 'Aguas Residuales Provenientes de la Industria Avícola en Colombia: Generalidades y Tratamientos . Una revisión bibliográfica', *Universidad de los Llanos*, 1(1). doi: 10.13140/RG.2.2.14655.00168.
- Caldera, Y. *et al.* (2010) 'Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola', *Universidad del Zulia*, 45(9). Available at: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-22592010000400011&script=sci_abstract.
- Calderón, D. F., Huaranca, P. P. and Díaz, J. J. (2019) 'Tratamiento de aguas residuales mediante tecnología de microorganismos eficientes-Substancjalla, Ica-Perú', *Ñauparisun*, 1(3). Available at: <http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/50>.
- Correa, C. Z. *et al.* (2014) 'Coleta, ativação e aplicação de Microorganismos Eficientes (EM's) no tratamento de esgoto sanitário', in *XX congresso brasileiro de Engenharia Química*, pp. 7466–

7473. doi: 10.5151/chemeng-cobeq2014-0645-24608-152204.

- Espinoza, R. E. (2010) *Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En San Juan De Miraflores*. Universidad de Piura. Available at: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1478/MAS_GAA_010.pdf.
- Faife-Pérez, E. *et al.* (2018) 'Empleo de microorganismos eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. Revisión bibliográfica', *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 52(3). Available at: https://www.researchgate.net/publication/339916510_Empleo_de_microorganismos_eficientes_como_alternativa_para_el_tratamiento_de_residuales_Revision_bibliografica.
- Herrera, O. F. and Corpas, E. J. (2013) 'Reducción De La Contaminación En Agua Residual Industrial Láctea Utilizando Microorganismos Benéficos', *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), pp. 57–67. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a07.pdf>.
- Martelo, J. and Lara, J. (2012) 'Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte', *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), pp. 221–243. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>.
- Pérez, F., Armenteros, T. and Hernández, J. P. (2016) 'Sistema De Tratamiento Para Las Aguas Residuales En La Empresa De Aprovechamiento Hidráulico Villa Clara', *Centro Azúcar*, 43, pp. 68–75. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000200007.
- Romero López, T. de J. and Vargas Mato, D. (2017) 'Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas', *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), pp. 88–100. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008.
- Santos, A. (2014) *Avaliação da eficiência do sistema de tratamento de efluentes tipo mizumo business em canteiro de obras em sabará-MG*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Available at: http://www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2017/06/TCC_Aline-Santos-Procópio.pdf.

Tabla 1. Parámetros obtenidos (antes y después de la aplicación de EM)

Parámetros	Unidad	D.S. 003-2010- MINAM	Antes	Después
Aceites y grasas	mg/L	20	2106.7	128.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100	867	3400
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	3060	7786
pH	-	6.5-8.5	6.05	7.83
Sólidos Totales suspendidos	mL/L	150	430	1680
Temperatura	°C	<35°	20.9°	29.70°