



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“REMOCIÓN DE DQO Y DBO, PRESENTES EN AGUAS REISUALES, MEDIANTE REACTORES UASB”: Una revisión de la literatura científica entre los años 2010-2020

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autores:

María de los Ángeles Lisbeth Guerra Cardenas

Asesor:

Mg. Luis Alaya Bernabé Salomón

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres
Lenin Guerra y Maritza Cardenas por los valores y el amor brindado cada
día; siendo la base de mi educación y mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme guiado en mí día a día.

A mi familia por el apoyo que me han brindado todo este tiempo,
convirtiéndolos en fuentes de motivación y superación.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	22
REFERENCIAS	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de bases de datos usados para la revisión sistemática13

Tabla 2. Hallazgos pertinentes en base a la eficiencia del reactor UASB18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentajes de las bases de datos involucradas en la investigación	14
Figura 2. Diagrama del flujo del proceso de la sintetización de los artículos.....	15
Figura 3. Gráfico porcentual de los artículos por revistas	16
Figura 4. Gráfica porcentual de los artículos por año de publicación	17
Figura 5. Gráfica porcentual de artículos por país	17
Figura 6. Rango porcentual de la remoción de DQO y DBO.....	19
Figura 7. Rango de la Temperatura (°C) y Tiempo de Retención Hidráulica (h) ...	20
Figura 8. Clasificación de aguas residuales que trataron en las investigaciones ..	21

RESUMEN

Los recursos hídricos son fuentes de servicios ecosistémicos que vienen siendo afectados por la contaminación de las aguas residuales provenientes de actividades humanas que provocan escasez hídrica y afectaciones a la biodiversidad; además, las plantas de tratamiento no son abastos para la magnitud de estas aguas generadas y las altas concentraciones de parámetros químicos. Ante esto, el objetivo de esta investigación es conocer las eficiencias de remoción de DQO y DBO mediante reactores UASB; para ello, se trabajó con las bases de datos Springer Link, IWA Publishing, ScienceDirect y Taylor & Francis. Asimismo, se consideró criterios de búsqueda como: palabras claves, conectores, idioma, DOI y año de publicación. Posterior a ello, se realizó una evaluación de los artículos para suprimir la duplicidad y fuentes sin relación al objetivo de estudio; luego, mediante síntesis se obtuvo los siguientes resultados: 60% de efectividad del reactor UASB para DQO y DBO, condiciones de operación óptima a una temperatura de 32-37 °C y un TRH de 3-60 h. Por otra parte, la limitación involucrada fue el acceso incompleto a artículos científicos. Finalmente, esta investigación da a conocer los diferentes porcentajes de remoción de los parámetros DQO y DBO mediante reactores UASB.

PALABRAS CLAVES: Aguas residuales, reactor UASB, DQO, DBO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos son compuestos de mayor prioridad para llevar a cabo la funcionalidad de la biodiversidad presentes en los ecosistemas; además, estas fuentes hídricas prestan servicios ecosistémicos a la población y al territorio en todo su conjunto; sin embargo, la actividad humana viene alterando su distribución, extensión y su composición físico-química (Biggs, Von Fumetti, & Kelly-Quinn, 2017). Durante los últimos años el uso del agua ha tenido un aumento desconsiderado, empeorando la condición de escasez de este recurso, siendo el sector agrícola el más dominante con casi el 70% de uso; mientras que el uso doméstico con el 12 % y el restante en otras actividades (Wada, et al., 2016).

Gran parte de las aguas residuales provienen de efluentes domésticos, hospitalarios, comerciales e industriales; estas aguas pueden tener un tratamiento previo o en su mayoría, ser vertidas de forma directa a masas de aguas superficiales (Sagasta, Liqa, & Thebo, 2015); sin embargo, las emisiones de estas aguas residuales no tratadas representan un riesgo para el ecosistema y las personas; esto trae como consecuencia impactos negativos al agua y los seres vivos (Ratanatamskul & Siritiewri, 2015)..

Las aguas residuales no tratadas traen consecuencias debido a los parámetros que sobrepasan los estándares ambientales, sobre todo aquellos que se encuentran en mayor magnitud como los parámetros de turbidez, dureza, TDS, DQO y DBO (Nizel & Nazrul, 2015). Este último guarda una relación con organismos patógenos, se ha demostrado que estos no son reducidos en el transporte de algunos ríos, provocando así un mayor impacto en el ambiente (Fuhrmann, et al., 2016).

De igual manera, el hombre se ve afectado por las aguas residuales no tratadas por contacto directo o de forma indirecta mediante pozos próximos a los ríos, generando enfermedades a la salud humana como las afecciones endémicas, alergias, gastritis, ulcera y diarrea, siendo este último el que más afecta a los niños (Nizel & Nazrul, 2015).

A pesar de que se cuentan con sistemas de purificación de aguas residuales, donde se lleva a cabo la reducción de contaminantes acuosos, aun se tiene como dificultad la excesiva generación de residuos sólidos precipitados, también llamados lodos, que están caracterizados por sustancias tóxicas, sólidos orgánicos, entre otros (Sagasta, Liqa, & Thebo, 2015). Es por ello que se deben considerar procesos y operaciones autoeficientes que produzcan mínimos desechos (Gu, et al., 2017).

Uno de los procesos más eficientes para estos tratamientos son los sistemas anaeróbicos; que consisten en el proceso de degradación del material orgánico mediante reacciones hidrolíticas para la producción de biogás (CH_4 , CO_2 , entre otros) (Nnaji, 2013). Esta técnica fue integrada en las plantas de purificación de aguas residuales desde el año 1881 en donde se aplicó inicialmente a efluentes domésticos; posteriormente, en el siglo XXI, esta tecnología fue mejorando en cuanto al potencial del sistema, para diversos contaminantes existentes (Abbasi, Tauseef, & Abbasi, 2011), como la remoción de DQO, fosfatos, cargas orgánicas, entre otros (Keating, et al., 2016).

Los reactores anaeróbicos de manto de lodos de flujo ascendente (UASB), son eficientes para las plantas de tratamiento debido a que reducen la materia orgánica de las aguas por actividad microbiana. (Selvakumar, Basha, Prabhu, Narayanan, & Nagarajan, 2010). Estos reactores presentan en su estructura una columna cilíndrica o rectangular, un separador GLS (gas, líquido, gaseoso) y en su interior un lecho de lodos activados. CITA

Cuando el agua entra en contacto con estos lodos se produce la retención de materia orgánica inerte y pequeños agregados que realizarán reacciones biológicas en todo el lecho. CITA A medida que el afluente va en ascenso, la materia orgánica soluble del afluente son transformadas en biogás. CITA Estos gases generados y los lodos son impulsados por burbujas de gas, para ser posteriormente separados mediante el separador GLS, teniendo finalmente la salida de los gases y el líquido tratado (Chong, Sen, Kayaalp, & Ang, 2012).

Los parámetros que condicionan la eficiencia del reactor anaeróbico de flujo ascendente (UASB) son, la velocidad de carga orgánica, el tiempo hidráulico de resistencia, la temperatura, tipo de inóculo interno, concentración de la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en el afluente y efluente; sin embargo, estos parámetros son variables en diferentes procesos de tratamiento (Rico, Montes, & Rico, 2017). Además, se considera el rango de temperatura de 20 a 40 °C y un pH de 6.5 a 8.5, debido a que se trabaja con microorganismos anaeróbicos (Huaytalla, 2016).

Watari et al. (2015) trabajaron con un reactor UASB de 9L, a una temperatura de 35 °C, TRH 12h y DQO total inicial de 23,200 mg/L. Logrando una eliminación de DQO con 92.7%. Por el contrario, Zhang, Wang, Lin & Chen (2016) operaron el reactor con un volumen de 5 dm³, temperatura de 36 °C y un TRH de 4 días, obteniendo una eliminación de DQO (60%) y DBO (71%). Por otra parte, Saner, Mungray & Mistry (2014), emplearon el reactor a 5L, temperatura de 37 °C y un TRH de 81.96 h durante dos días. Finalmente las eliminaciones obtenidas fueron DQO en 68.35% y la de DBO en 89.11%, a una VCO óptima de 15.34 kg DQO/m³d y un TRH de 47.11h.

Considerando estos precedentes se refleja lo mencionado sobre la variedad de condiciones en que trabaja el reactor UASB. Ante esto nos preguntamos, ¿qué se conoce de la remoción de DQO y DBO presentes en aguas residuales mediante reactores UASB entre los años 2010-2020? Es por ello que el objetivo de esta revisión sistemática es conocer las diferentes eficiencias de remoción de DBO y DQO presentes en aguas residuales mediante reactores UASB entre los años 2010-2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó bajo la modalidad de revisión sistemática de artículos científicos, con referencia a la metodología PRISMA (Moher, et al., 2010), donde se reúne todo el conocimiento de un tema específico, en este caso sobre la remoción de DQO y DBO mediante los reactores UASB.

La revisión sistemática es una estrategia para sintetizar la literatura disponible, dar validez a las conclusiones de estudios específicas en referencia a un tema de investigación, buenas prácticas basada en evidencia y finalmente ayuda a la toma de decisiones. (Ferreira, Urrutia, & P., 2011). La pregunta que nos hace partir en la búsqueda de información fue, ¿Qué se conoce de la remoción DQO y DBO presentes en aguas residuales mediante reactores UASB?

Para iniciar el proceso de recopilación, se emplearon las siguientes palabras claves: DBO, DQO, aguas residuales y reactor UASB, que se encontraron dentro del título y resúmenes; además, dentro de estos artículos se consideraron para su búsqueda criterios de inclusión como: el tiempo de publicación 2010 - 2020, artículos digitales, uso de conectores lógicos (AND u OR), el idioma (inglés) y el DOI. Estos criterios fueron atributos por el cual se escogieron las publicaciones y que fueron utilizadas para el estudio (Arevalo, Ortuño, & Arevalo, 2010).

Se recopilaron artículos de las bases de datos especializadas, tales como Springer Link, IWA Publishing, ScienceDirect y Taylor & Francis. fueron seleccionadas debido a que presentaban una amplia gama de artículos científicos de diversos países y con presencia de su respectivo “Digital Object Identifier” (DOI); así mismo, estas revistas presentaban información actualizada sobre la remoción de DQO y DBO mediante reactores UASB. Del

mismo modo, se utilizó el buscador Google Académico para la literatura científica no indexada. El desarrollo de la búsqueda tuvo 2 pasos: Ubicación de las revistas mencionadas de forma virtual y uso de los criterios nombrados.

Tabla 1. Descripción de bases de datos usados para la revisión sistemática

BIBLIOTECAS VIRTUALES	PALABRAS CLAVES	IDIOMA	TIEMPO DE PUBLICACIÓN
Springer Link		Inglés	
IWA Publishing	DBO, DQO, reactor UASB y aguas residuales	Inglés	Entre los años 2010-2020
ScienceDirect		Inglés	
Taylor & Francis		Inglés	

En la presente tabla se presenta una breve descripción de las bases de datos empleadas en la revisión sistemática; así como también, las palabras claves usadas para la búsqueda (inglés), el idioma de las revistas y el rango de años de publicación con las que fueron buscados los

Los documentos deben de presentar información con relación a la necesidad del estudio (Sureda, Comas, Oliver, & Guerrero, 2010); es por ello, que dentro de los artículos se descartaron estudios que no guardaban relación con la eficiencia del reactor UASB o con los hallazgos recientes sobre el tratamiento.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los artículos de investigación fueron obtenidos de las bases de datos propuestas, donde se obtuvieron 20 resultados en ScienceDirect, 25 en Taylor & Francis, 18 en IWA Publishing y 12 en Springer Link, teniendo un total de 75 resultados. En la siguiente gráfica (Figura 1) se muestra el porcentaje de las bases de datos revisadas.

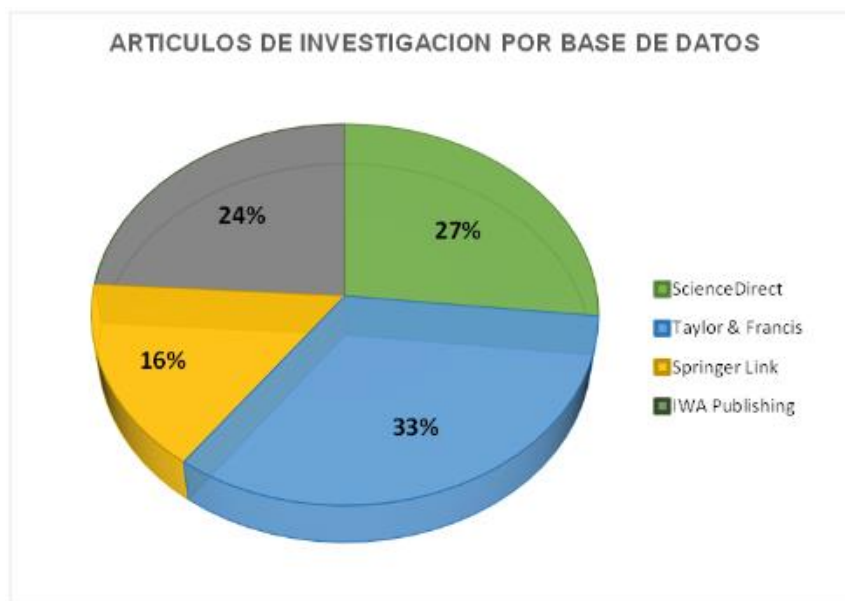


Figura 1. Porcentajes de las bases de datos involucradas en la investigación

Los artículos con mayor representatividad fueron extraídos de la base de datos Taylor & Francis (33%), seguido de ScienceDirect (27%) (Figura 1).

Dentro del total de artículos obtenidos, se buscaron los duplicados, encontrando 7 que pasaron a ser removidos; luego, se eliminaron los artículos no originales y libros; en base a lo mencionado, se obtuvo 62 artículos. Posterior a ello, se descartaron las investigaciones que no estaban al alcance de los criterios de exclusión e inclusión; de esta manera, se generó un total de 19 investigaciones originales. Con referente a la literatura

científica no indexada, se encontró 11 artículos en Google Académico; en donde, se procedió a excluir a los artículos no originales (2) y a los que no cumplían con los criterios antes mencionados (3), obteniendo un total de 6 artículos de investigación originales. Finalmente, la revisión sistemática se realizó con 25 artículos de investigación originales.

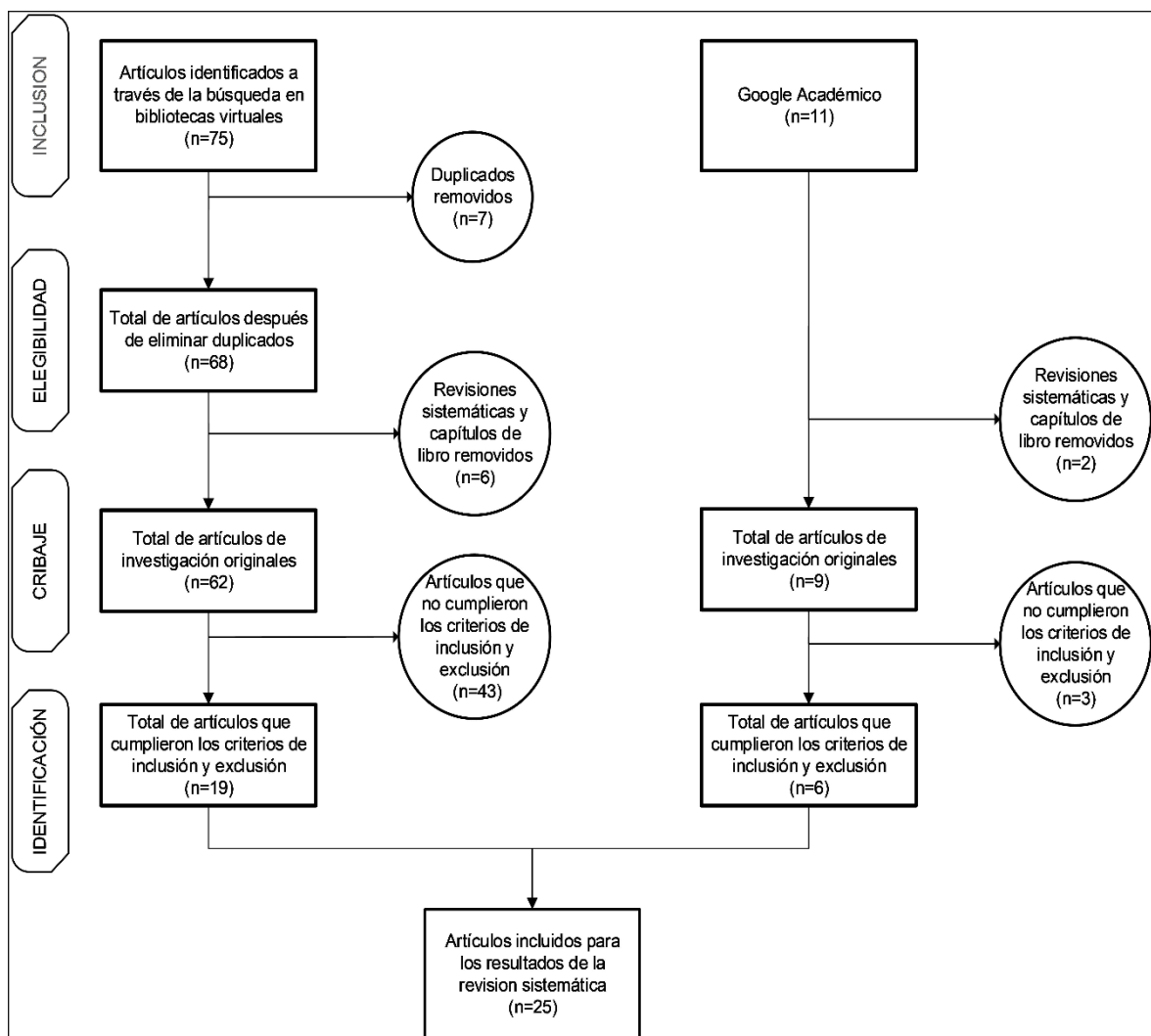
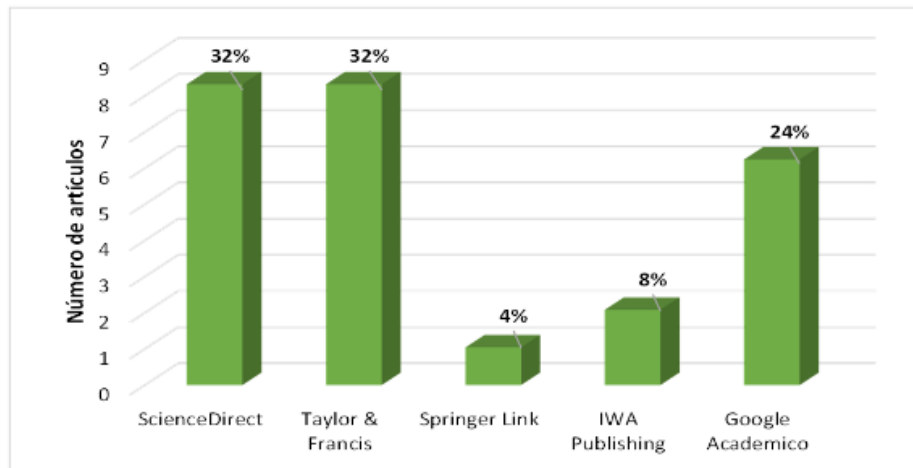


Figura 2. Diagrama del flujo del proceso de la sintetización de los artículos

De de los 25 artículos seleccionados , se elaboró un gráfico de barras (Figura 3), en donde se observó que las revistas con mayor representatividad fueron ScienceDirect con un 32% y Taylor & Francis con un 32 %; con respecto a las revistas Springer Link, IWA Publisjing y Google Académico, tuvieron una representación del 4%, 8% y 24% respectivamente.



Falta

Figura 3. Gráfico porcentual de los artículos por revistas

agregar base de datos en el eje X

El grafico debe de tener solo una unidad o porcentajes o numero de artículos... corregir antes de la ser publicado en repositorio

Asimismo, se encontró que del total de artículos, el 40% corresponden a los años 2015 y 2016, seguidos por el 12% de artículos (3) en el 2019, el 32% pertenecientes a los años 2011, 2012, 2014 y 2018, y el resto de años con una representación del 4% (Figura 4).

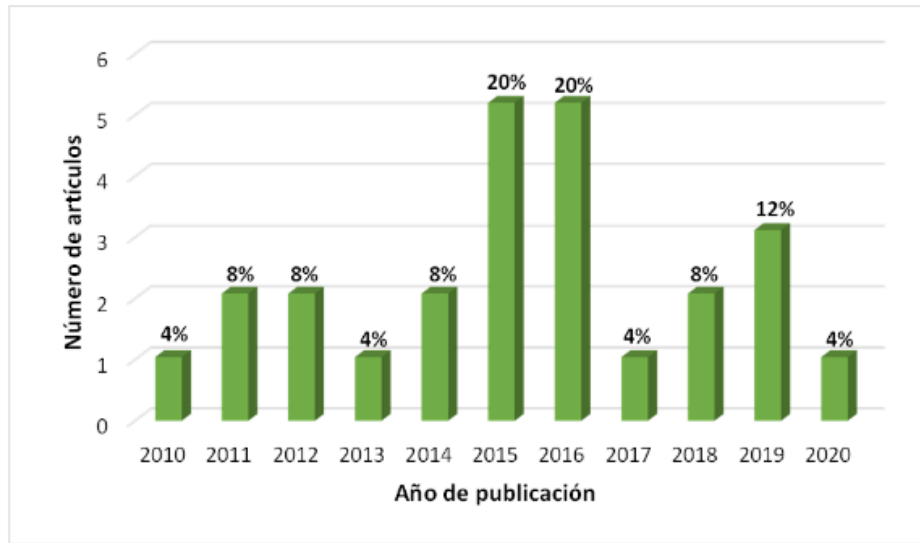
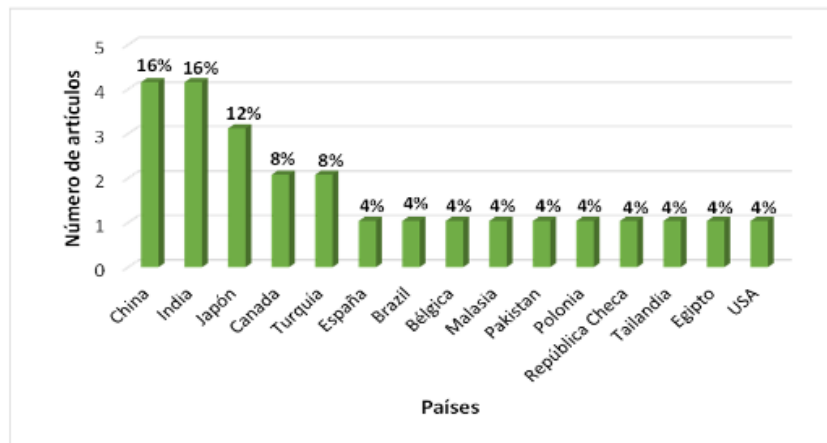


Figura 4. Gráfica porcentual de los artículos por año de publicación

De igual manera, se realizó una tercera gráfica (Figura 5) en donde se muestra que

la mayoría de artículos provenían de China e India, ambas con



de estos países e India, una

representación del 16%, seguidos por Japón (12%), Canadá (8%), Turquía (8%), entre otros (figura 5).

Luego de las características superficiales de los artículos seleccionados, se realizó una síntesis de información con referencia a al objetivo planteado en el capítulo II. Para el cumplimiento del objetivo y de nuestra pregunta de investigación: ¿Qué se conoce de la remoción DQO y DBO presentes en aguas residuales mediante reactores UASB? se realizó una tabla y gráficas porcentuales sobre el tema en investigación.

Tabla 2. Hallazgos pertinentes en base a la eficiencia del reactor UASB

HALLAZGOS POSITIVOS PARA EL REACTOR UASB		AUTORES
Mejora de la eficiencia energética debido a la producción de metano, así como también la reducción de gastos en la operación.		Zhang, L., et al. (2017); Xu, S., et al. (2018); Tufaner T. (2019); Watari, T., et al. (2016).
Los microorganismo predominantes en el lodo activado del reactor son los <i>Methanosaetaceae acetoclásticas</i> y los <i>Methanomicrobiales hidrogenotróficos</i>		Ratanatamskul, C., et al. (2015); Musa, M., et al. (2019); Syutsubo, K., et al. (2011); Zhang, L., et al. (2017).
Producción de metano de 50% - 65%		Senthilkumar, M., et al. (2011); Lu, X., et al. (2015); Ratanatamskul, C., et al. (2015); Zhang, L., et al. (2017); Gouveia, J., et al. (2015)
A mayor operatividad del reactor, mayor será la capacidad para suprimir los parámetros como DQO y DBO		Wang, Y., et al. (2016); Lu, X., et al. (2015); Rizvi, H., et al. (2015)
Sinergia con otros procesos:	Membrana de ultrafiltración	Gouveia, J., et al. (2015); Kwarciak, A., et al. (2018).
	Tanque de lenteja de agua	Mohapatra, D., et al. (2012)
	Reactor de esponja colgante (DHS)	Watari, T., et al. (2016)
	Coagulantes (cloruro de magnesio)	Verma, A., Bhunia, P., & Dash, R. (2015).
	Sistemas de tratamiento aeróbico	Banihani, Q., et al. (2013); Zhang, Y., et al. (2016)

En esta tabla se presenta los principales hallazgos en referencia a la eficiencia del reactor UASB; así como también, las características benéficas de este sistema.

De acuerdo al análisis de los estudios seleccionados, se pudo estimar que la DQO presentaba una frecuencia de remoción alta, del 60% a más; en cambio, la DBO tuvo en su mayoría una remoción del 80% a más. Todo esto se dio mediante la aplicación de un reactor UASB (Figura 6).

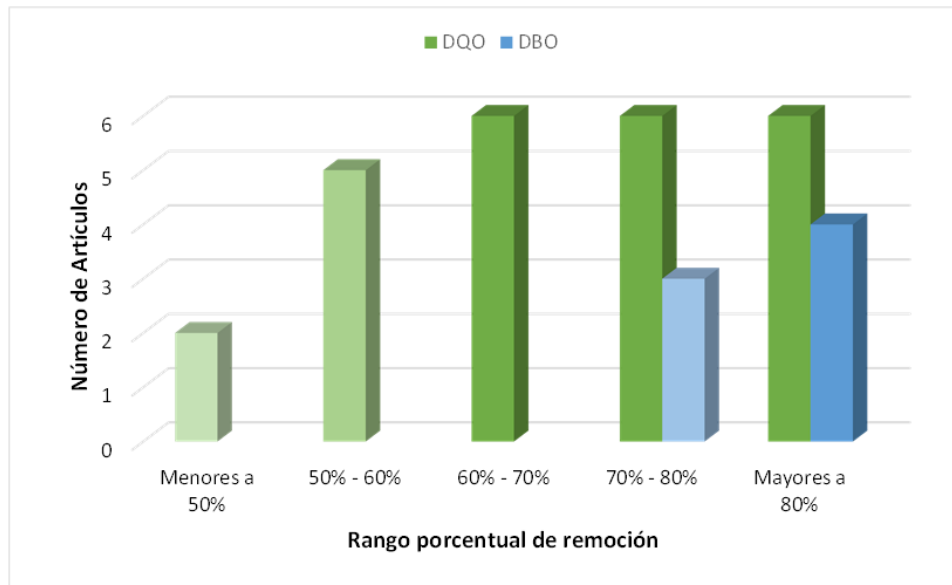
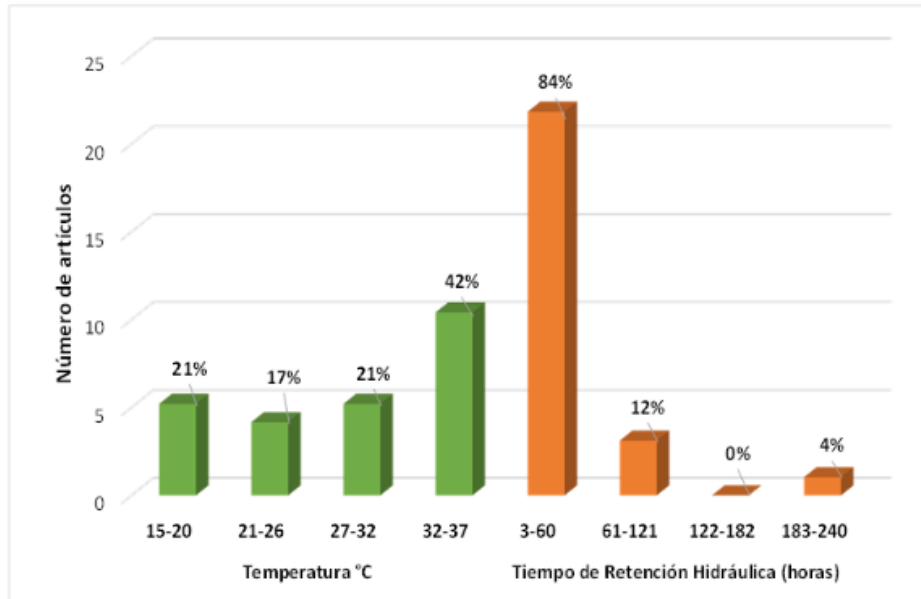


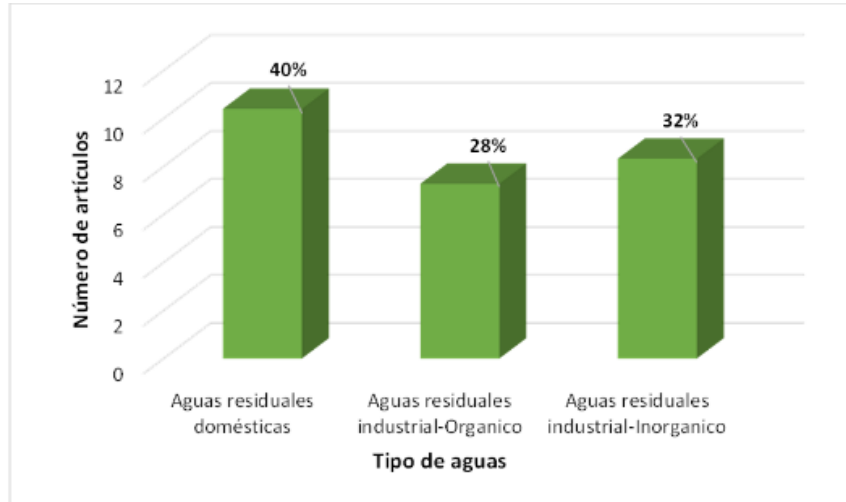
Figura 6. Rango porcentual de la remoción de DQO y DBO

Asimismo, se pudo observar que gran parte de las investigaciones trabajaron con un TRH (tiempo de retención hidráulica) de 3-60 horas, lo que representa un 84%; mientras que, el menos representativo es de 4% con un TRH de 183-240 horas. A demás, se pudo identificar que la operación del reactor fue trabajada con mayor representatividad a una temperatura de 32-37°C; con una representación del 42% del total de artículos (Figura 7).



Falta eje X Figura 7. Rango de la Temperatura (°C) y Tiempo de Retención Hidráulica (h)

Se pudo denotar dentro del análisis de las publicaciones, que un 40% de los artículos aplicaron el Reactor UASB en aguas residuales de tipo municipal; esto incluye las domiciliarias y las municipales. Por otra parte, el 32 % de las publicaciones aplican el sistema de tratamiento en aguas residuales industriales de carácter inorgánico proveniente de industrias petroleras, alimentarias, etc. Finalmente, un 28% son aplicadas a las aguas residuales inorgánicas provenientes de textilerías, destilerías, químicas, etc. (Figura 8).



De *Tipos de aguas.. corregir en la figura Figura 8.* Clasificación de aguas residuales que trataron en las investigaciones los

resultados generados de la síntesis de las investigaciones, se identificó que el 68% de estos, son aplicados en aguas residuales de carácter orgánico, el cual incluye los municipales e industriales orgánicos (Figura 8).

Por otra parte, dentro del análisis, se encontró que el reactor UASB por su carácter de tratamiento ecológico, puede ser aplicado en industrias textiles (Senthilkumar, Gnanapragasam, Arutchelvan, & Nagarajan, 2011). Además, para un pronto arranque del reactor, es factible usar lodos activados provenientes de otros sistemas biológicos que encuentren en operación (Rizvi, et al., 2015).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

• DISCUSIÓN

FALTA DISCUTIR SOBRE LOS PRIMEROS RESULTADOS, PAISES, BUSCADORES Y AÑOS

En base a la información sintetizada se muestra que el reactor UASB es una alternativa factible para efluentes domésticos y municipales (Figura 8), debido a que estas aguas presentan mayor concentración de componentes sólidos de carácter orgánico e inorgánico, respecto a otras aguas residuales (Rizvi, H., et al. 2015). Además, estos efluentes domésticos en su mayoría no presentan sustancias aminas aromáticas; ya que, esta sustancia genera problemas en la eficiencia del reactor UASB (Verma, Bhunia, & Dash, 2015).

Asimismo, se observó que los parámetros químicos (DQO y DBO) presentan un porcentaje de remoción del 60% a más (Figura 6), esto también se ve reflejado en el estudio trabajado con el reactor UASB, en donde se obtuvo una eficiencia del 88.5% en la eliminación de DBO (Senthilkumar, Gnanapragasam, Arutchelvan, & Nagarajan, 2011); del mismo modo, en otra investigación trabajado con el mismo reactor, obtuvieron una eficiencia de remoción del 81% para el DQO (Lu, X., et al., 2015).

Los controles de operación más frecuentes del reactor UASB son a una temperatura de 32-37 °C y un TRH de 3-60 h (Figura 7), la magnitud de esta temperatura se debe a que el lodo interno del reactor UASB está compuesto por bacterias como los *Methanosaeta* sp. y *Methanolinea* sp.; es por ello, que la temperatura es una característica clave para la supervivencia de estos microorganismos que realizan reacciones anaeróbicas (Watari, T. et al., 2016). De igual manera, el TRH está determinada por la velocidad de carga orgánica y

las características del afluente; es decir, a mayor tiempo de retención del afluente en el interior del reactor, mayor será la saturación de lodos activados; por ello, el TRH debe de variar entre 24 h y 36 h, esto dependerá del tiempo de operación (Slompo, N., et al., 2019).

Por otro lado, se evidenció que el reactor UASB puede complementarse con otros procesos como la membrana de filtración, sistemas aeróbicos y procesos de coagulación para mejorar la eficiencia de remoción (Tabla 2); esto también se pudo observar en una investigación donde realizaron la sinergia entre el reacto y un coagulante (cloruro de magnesio) obteniendo una mejora del 15% (Watari et al., 2016), asimismo, se menciona que luego del sistema uasb debe estar involucrado el sistema de tratamiento aeróbico debido a que presenta mayor eficiencia para los parámetros DQO y nitrógeno total (Zhang, Y., et al., 2016).

• CONCLUSIONES

En esta investigación, se pudo evidenciar que los reactores UASB presentan una eficiencia efectiva para los parámetros químicos DQO y DBO, con un porcentaje de remoción del 60% y 80% respectivamente. Además se identificó que estos reactores son más óptimos para aguas residuales de carácter doméstico y municipal.

Del mismo modo, el reactor UASB presenta mayor eficacia cuando los controles de operación se llevan a cabo a una temperatura de 32 a 37 °C y un TRH de 3 a 60 h; sumado a ello, es la adquisición de lodos activados provenientes de reactores biológicos en operación, debido, a que proporciona un arranque inmediato de operatividad del reactor.

Asimismo, algunos autores mencionan que el reactor UASB mejora su eficiencia al trabajar con sistemas como: membrana de ultra filtración, tanques biológicos (lentejas de

agua), reactores de esponjas colgantes (DHS) y sistemas aeróbicos. Además, la mayor ventaja rescatada es la proporción de energía calorífica proveniente del biogás.

Por otro lado, se presentaron diversas limitaciones en el proceso de búsqueda de información como es el limitado acceso a artículos científicos completos; así como también, el idioma; ya que, muchas veces dificulta el proceso de traducción; por ello, se recomienda buscar la misma investigación en otras bases de datos y/o por otros medios; del mismo modo, en el desarrollo de la investigación es recomendable trabajar con diagramas de flujo y tablas que sinteticen informaciones extensas.

REFERENCIAS

- Abbasi, T., Tauseef, S., & Abbasi, S. (2011). A Brief History of Anaerobic Digestion and “Biogas”. *Springer*, 11-23. doi:10.1007/978-1-4614-1040-9_2
- Arevalo, R., Ortuño, G., & Arevalo, D. (2010). Revisiones Sistematicas. *Scielo*, 16(2), 69-81. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rmcmpl/v16n2/v16n2_a12.pdf
- Ayaz, S., Akça, L., Aktaş, Ö., Fındık, N., & Öztürk, I. (2012). Pilot-scale anaerobic treatment of domestic wastewater in upflow anaerobic sludge bed and anaerobic baffled reactors at ambient temperatures. *Taylor & Francis*, 60-67. doi:<https://doi.org/10.1080/19443994.2012.677504>
- Banihani, Q., & Field, J. (2013). Treatment of high-strength synthetic sewage in a laboratory-scale upflow anaerobic sludge bed (UASB) with aerobic activated sludge (AS) post-treatment. *Taylor & Francis*, 338-347. doi:<https://doi.org/10.1080/10934529.2013.726907>
- Biggs, J., Von Fumetti, S., & Kelly-Quinn, M. (2017). The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. *Springer*, 793, 3-39. doi:10.1007/s10750-016-3007-0
- Chong, S., Sen, T., Kayaalp, A., & Ang, H. (2012). The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment – A State-of-the-art review. *ScienceDirect*, 3434-3470. doi:10.1016/j.watres.2012.03.066
- Ferreira, I., Urrutia, G., & P., A. (2011). Systematic Reviews and Meta-Analysis: Scientific Rationale and Interpretation. *Science Direct*, (64)(8), 688-696. doi:10.1016/j.recesp.2011.03.029
- Fuhrmann, S., Pham-Duc, P., Cissé, G., Thuy Tram, N., Thu Ha, H., Trung Dung, D., . . . Winkler, M. (2016). Microbial contamination along the main open wastewater and storm water channel of Hanoi, Vietnam, and potential health risks for urban farmers. *Science Direct*, (566–567), 1014-1022. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.05.080
- Gouveia, J., Plaza, F., Garralon, G., Fdz-Polanco, F., & Peña, M. (2015). Long-term operation of a pilot scale anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) for the treatment of municipal wastewater under psychrophilic conditions. *ScienceDirect*, 255-233. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.002>
- Gu, Y., Li, X., Luo, P., Wang, H., Wang, X., Wu, J., & Li, F. (2017). Energy Self-sufficient Wastewater Treatment Plants: Feasibilities and Challenges. *Science Direct*, 105, 3741-3751. doi:doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.868

- Hejnic, J., Dolejs, P., Kouba, V., Prudilova, A., Widiayuningrum, P., & Bartacek, J. (2016). Anaerobic Treatment of Wastewater in Colder Climates Using UASB Reactor and Anaerobic Membrane Bioreactor. *Mary Ann Liebert, Inc.*, 918-928. doi:<https://doi.org/10.1089/ees.2016.0163>
- Huaytalla, R. (2016). Eficiencia del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente (UASB) a escala piloto en el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas provenientes de la comunidad de Carapongo - Lurigancho, Chosica. *Revista de investigación ciencia , tecnología y desarrollo*, 7-23. doi:10.17162/rictd.v2i1.628
- Kawarcia, A., & Bien, J. (2018). Treatment of dairy wastewater in UASB-UF. *Science*, 1-8. doi:10.1051/e3sconf/20184400087
- Keating, C., Chin, J., Hughes, D., Manesiotis, P., Cysneiros, D., Mahony, T., . . . O'Flaherty, V. (2016). Biological Phosphorus Removal During High-Rate, Low-Temperature, Anaerobic Digestion of Wastewater. *Frontiers*, 7, 1-14. doi:10.3389/fmicb.2016.00226
- Li, J., Yu, L., Yu, D., Wang, D., Zhang, P., & Ji, Z. (2014). Performance and granulation in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor treating saline sulfate wastewater. 127-123. doi:<https://doi.org/10.1007/s10532-013-9645-2>
- Lu, X., Zhen, G., Estrada, A., Chen, M., Nic, J., Hojo, T., . . . Li, Y. (2015). Operation performance and granule characterization of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor treating wastewater with starch as the sole carbon source. *ScienceDirect*, 10-44. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.010>
- Mikelarena, F. (2000). Fuentes de información bibliográfica para la investigación en historia. *Historia Contemporanea*, 565-594. Obtenido de <https://www.ehu.eus/ojs/index.php/HC/article/viewFile/15912/13822>
- Mohapatra, D., Ghangrekar, M., Mitra, A., & Brar, S. (2012). Sewage treatment in integrated system of UASB reactor and duckweed pond and reuse for aquaculture. *Taylor & Francis*, 1445-143. doi:<https://doi.org/10.1080/09593330.2011.633103>
- Moharram, M., Abdelhalim, H., & Rozaik, E. (2016). Anaerobic up flow fluidized bed reactor performance as a primary treatment unit in domestic wastewater treatment. *Taylor & Francis*, 99-105. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.09.003>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & Prisma Group. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Science Direct*, 8(5), 336-341. doi:10.1016/j.ijsu.2010.02.007
- Musa, M., Idrus, S., Che Man, H., & Nik Daud, N. (2019). Performance Comparison of Conventional and Modified Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactors Treating High-Strength Cattle Slaughterhouse Wastewater. *Water*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.3390/w11040806>

- Nizel, J., & Nazrul, M. (2015). Water Pollution and its Impact on the Human Health. *JOURNAL OF ENVIRONMENT AND HUMAN*, 36-46. doi:10.15764/EH.2015.01005
- Nnaji, C. (2013). A review of the upflow anaerobic sludge blanket reactor. *Taylor & Francis*, 1-22. doi:https://doi.org/10.1080/19443994.2013.800809
- Ratanatamskul, C., & Siritiewri, T. (2015). A compact on-site UASB–EGSB system for organic and suspended solid digestion and biogas recovery from department store wastewater. *ScienceDirect*, 1-7. doi:10.1016/j.ibiod.2015.04.002
- Rico, C., Montes, J., & Rico, J. (2017). Evaluation of different types of anaerobic seed sludge for the high rate anaerobic. *Bioresource Technology*, 1-37. doi:10.1016 / j.biortech.2017
- Rizvi, H., Ahmad, N., Abbas, F., Bukhari, I., Yasar, A., Ali, S., . . . Riaz, M. (2015). Start-up of UASB reactors treating municipal wastewater and effect of temperature/sludge age and hydraulic retention time (HRT) on its performance. *ScienceDirect*, 780-786. doi:https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.12.016
- Sagasta, J., Liqa, S., & Thebo, A. (2015). Global Wastewater and Sludge Production, Treatment and Use. *Springer*, 15-38. doi:10.1007/978-94-017-9545-6_2
- Saner, A., Mungray, A., & Mistry, N. (2014). Treatment of distillery wastewater in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. *Taylor & Francis*, 1-17. doi:10.1080/19443994.2014.994107
- Selvakumar, K., Basha, C., Prabhu, H., Narayanan, A., & Nagarajan, J. (2010). Electro Oxidation and Biodegradation of Textile Dye Effluent Containing Procion Blue 2G Using Fungal Strain Phanerochate Chrysosporium MTCC 787. *ResearchGate*, 8, 1-26. doi:10.2202/1542-6580.2328
- Senthilkumar, M., Gnanapragasam, G., Arutchelvan, V., & Nagarajan, S. (2011). Treatment of textile dyeing wastewater using two-phase pilot plant UASB reactor with sago wastewater as co-substrate. *ScienceDirect*, 10-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.07.057
- Slompo, N., Quartaroli, L., Zeeman, G., Da Silva, G., & Daniel, L. (2019). Black water treatment by an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor: a pilot study. *IWA Publishing*, 1-7. doi:https://doi.org/10.2166/wst.2019.402
- Subramanyam, R. (2020). Evaluation of UASB Reactor Performance During Start-Up Operation Using Glucose Bearing Synthetic Wastewater. *Nepal Journals Online*, 32-51. doi:https://doi.org/10.3126/ije.v9i1.27432
- Sureda, J., Comas, R., Oliver, M., & Guerrero, R. (2010). Fuentes de información Bibliografica a traves de Internet para Investigadores en Educación. *Islas Baleares - España*. Obtenido de https://www.ugr.es/~plagio_hum/Documentacion/06Publicaciones/LIB002.pdf

- Syutsubo, K., Yoochatchaval, W., Tsushima, I., Araki, N., Kubota, K., Onodera, T., . . . Yoneyama, Y. (2011). Evaluation of sludge properties in a pilot-scale UASB reactor for sewage treatment in a temperate region. *IWA Publishing*, 1959-1966. doi:<https://doi.org/10.2166/wst.2011.762>
- Tufaner, T. (2019). Evaluation of COD and color removals of effluents from UASB reactor treating olive oil mill wastewater by Fenton process. *Taylor & Francis*, 1-12. doi:<https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1682611>
- Verma, A., Bhunia, P., & Dash, R. (2015). Performance of UASB reactor treating synthetic textile wastewater: effect of physicochemical pretreatment. *Taylor & Francis*, 8050-8060. doi:<https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1017739>
- Wang, Y., Wang, Q., Li, M., Yang, Y., He, W., Yan, G., & Guo, S. (2016). An alternative anaerobic treatment process for treatment of heavy oil refinery wastewater containing polar organics. *ScienceDirect*, 44-51. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bej.2015.08.012>
- Watari, T., Thi, N., Tsuruoka, N., Tanikawa, D., Kuroda, K., Lan, N., . . . Yamaguchi, T. (2016). Development of a BR-UASB-DHS system for natural rubber processing wastewater treatment. *Taylor & Francis*, 1-25. doi:[10.1080/09593330.2015.1117042](https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1117042)
- Xu, S., Zhang, L., Huang, S., Zeeman, G., Rijnaarts, H., & Liu, Y. (2018). Improving the energy efficiency of a pilot-scale UASB-digester for low temperature domestic wastewater treatment. *ScienceDirect*, 71-78. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.04.003>
- Zhang, L., De Vrieze, J., Hendrickx, T., Wei, W., Temmink, H., Rijnaarts, H., & Zeeman, G. (2017). Anaerobic treatment of raw domestic wastewater in a UASB-digester at 10 °C and microbial community dynamics. *ScienceDirect*, 1-41. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.11.073>
- Zhang, Y., Jing, Y., Zhang, J., Sun, L., & Quan, X. (2010). Performance of a ZVI-UASB reactor for azo dye wastewater treatment. *Chemical Technology and Biotechnology*, 199-204. doi:<https://doi.org/10.1002/jctb.2485>
- Zhang, Y., Wang, Q., Lin, K., & Chen, X. (2016). Treatment of Preserved Wastewater with UASB. *Sciences*, 1-6. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/20166707036>