



# Efectividad de un filtro en la eliminación de detergentes de aguas residuales urbanas de Cajamarca, Perú

Effectiveness of a filter in the removal of detergents from urban wastewater in Cajamarca, Peru

Vera-Zelada, Persi<sup>1\*</sup>

Vera-Zelada, Luis Alberto<sup>2</sup>

Saucedo-Osorio, Elvis Humberto<sup>3</sup>

Mamani-Arias, Leily Bettsy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú

<sup>3</sup>Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú

**Recibido:** 10 Mar. 2023 | **Aceptado:** 13 May. 2023 | **Publicado:** 10 Jul. 2023

**Autor de correspondencia\*:** [persi.vera@unj.edu.pe](mailto:persi.vera@unj.edu.pe)

**Como citar este artículo:** Vera-Zelada, P., Vera-Zelada, L. A., Saucedo-Osorio, E. H. & Mamani-Arias, L. B. (2023). Efectividad de un filtro en la eliminación de detergentes de aguas residuales urbanas de Cajamarca, Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 2(2), e511. <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i2.e511>

## RESUMEN

La finalidad del presente estudio fue evaluar la efectividad del filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado en la eliminación de detergentes de aguas residuales urbanas de la ciudad de Cajamarca. Métodos: Se realizó la caracterización del agua residual urbana y el monitoreo para los siguientes parámetros: detergentes (SAAM), pH y turbidez. La muestra fue obtenida de una lavadora industrial. Resultados: El filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado, es efectivo para eliminar detergentes de aguas residuales urbanas de la ciudad de Cajamarca; dado que, se eliminó el 22,55% de los detergentes y el 98,51% de la turbidez. Conclusiones: Finalmente, se demostró la eliminación de los detergentes mediante el coagulante y un filtro de grava y carbón.

**Palabras clave:** detergentes aniónicos; filtro; remediación ambiental; vertimiento

## ABSTRACT

Objective: The purpose of this research study was to evaluate the effectiveness of the gravel filter, aluminum sulfate and activated carbon in the elimination of detergents from urban wastewater in the city of Cajamarca. Methods: The characterization of urban residual water and the monitoring for the following parameters were carried out: detergents (SAAM), pH and turbidity. The sample was obtained from an industrial washing machine. Results: The gravel filter, aluminum sulfate and activated carbon, is effective in removing detergents from urban wastewater in the city of Cajamarca; since, 22.55% of the detergents and 98.51% of the turbidity were eliminated. Conclusions: Finally, the removal of detergents through the coagulant and a gravel and carbon filter was demonstrated.

**Keywords:** environmental remediation; anionic detergent; filter; dumping



## 1. INTRODUCCIÓN

El agua producida en los procesos de lavado de autos se utilizó como modelo porque tiene varios contaminantes: aceite, lubricantes, detergentes y partículas sólidas (Abdelmoez et al., 2013). Los detergentes son formulaciones que tienen propiedades de limpieza y solubilización. Sus principales campos de aplicación son la industria (productos de limpieza, alimentación, transformación industrial), el hogar (lavandería, lavavajillas) y el cuidado personal (jabones, champús, cosmética) (Jahan, 2004).

Los detergentes afectan a la fauna y la flora, y tienen efectos directos e indirectos sobre los ecosistemas. La eutrofización, la formación de espuma y la alteración de parámetros como la temperatura, la salinidad, la turbidez y el pH son más importantes y sus efectos deben gestionarse y controlarse (Mousavi & Khodadoost, 2019).

Los detergentes consisten en agentes tensioactivos conocidos como tensioactivos y otros componentes secundarios que incluyen potenciadores, mejoradores y rellenos (Jahan, 2004). Aunque los detergentes son los principales contaminantes ambientales para el suelo y el agua (Rojas-Herrera et al., 2015). Los detergentes son importantes para el medio ambiente porque se utilizan en grandes cantidades. Históricamente, la contaminación potencial del medio ambiente por detergentes surgió cuando el uso de detergentes a base de jabón cambió a detergentes sintéticos (Jahan, 2004).

El fósforo (P) de los detergentes contribuye a la contaminación y eutrofización del agua (Cheng, 2009). La preocupación por la eutrofización es un desarrollo relativamente reciente en la literatura científica, y los primeros recuerdos se remontan a la década de 1950 (Cheng, 2009). La eutrofización es una explosión no deseada de organismos acuáticos vivos en lagos y estuarios que da como resultado el agotamiento del oxígeno que puede destruir un ecosistema acuático (Liu & Chen, 2014).

La eutrofización es causada por actividades humanas, más comúnmente por aguas residuales, que pueden provenir de una variedad de fuentes: descarga directa, componentes de aguas residuales municipales o lodos tratados. Las aguas residuales en aguas costeras son principalmente un problema de salud pública, que expone a los usuarios recreativos a patógenos en la población local (McIntyre & He, 2019).

Comprender los impactos del uso de detergentes en los aportes de P a las aguas superficiales y sus principales impulsores es vital para apoyar los objetivos de desarrollo sostenible sobre agua limpia (Cheng, 2009). Existen factores como los valores de turbidez y demanda química de oxígeno disminuyen drásticamente al usar proceso de tratamiento, que consiste en coagulación, floculación, filtración de arena y oxidación seguida de filtración de arena y carbón activado (Abdelmoez et al., 2013).

Los detergentes se han convertido en los principales contaminantes del agua que ingresan a los cuerpos de agua y la cadena alimentaria y, por lo tanto, pueden ser peligrosos para los humanos y otros organismos. Los residuos de detergentes en cuerpos de agua provienen de áreas residenciales (detergentes domésticos), aguas de escorrentía de áreas agrícolas (herbicidas e insecticidas) y efluentes industriales (Azizullah et al., 2021).

Los resultados indicaron que a medida que aumentaba el porcentaje de detergentes, el índice de plasticidad aumentaba ligeramente, pero disminuían la densidad seca máxima, el contenido de agua y la resistencia al corte de los suelos cohesivos (Suelo-I y Suelo-II) (Sharo & Daradkah, 2020). Por lo tanto, debemos renunciar a los detergentes en polvo y comenzar a usar detergentes líquidos ecológicos para ahorrar recursos, minimizar la contaminación del agua y la obstrucción de los desagües (Goel & Kaur, 2012).

Los detergentes se descargan al medio ambiente normalmente a través de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y el uso de lodos de depuradora en la tierra. Las descargas industriales a las aguas superficiales, los derrames de petróleo y la remediación de suelos contaminados mejorada con surfactantes también pueden ser otras fuentes (Jahan, 2004).

Sin ajustar el valor de pH de las aguas residuales de lavado de autos, se encontró que 200 ppm de cloruro férrico, como coagulante, y 1 ppm de permanganato de potasio, como oxidante, pueden ser usados (Abdelmoez et al., 2013). En el uso de detergentes en polvo, hubo un aumento significativo en el nivel de pH, cloruros, sulfato, carbonato y bicarbonato en el agua de lavado, mientras que se encontró un cambio muy insignificante en todos los parámetros químicos anteriores con el uso de detergentes líquidos (Goel & Kaur, 2012). El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad del filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado en la eliminación de detergentes de aguas residuales urbanas de la ciudad de Cajamarca.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación es de tipo experimental, de corte transversal. Se extrajo una muestra de 60 litros proveniente de una de las 4 pozas de lixiviados de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, previamente la muestra fue caracterizada (arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, mercurio, plomo y zinc), con el propósito es determinar si el suelo retiene o aporta metales al lixiviado. En el laboratorio INNODEVEL el lixiviado fue colocado en un reactor y puesto en contacto con 100 kg de suelo, formando un sistema cerrado "Bach". El muestreo se realizó cada 10 días durante un período de 2 meses, tiempo que garantizaba el filtrado del lixiviado por el suelo y muestreo antes de ser devuelto al reactor.

El diseño experimental estuvo compuesto por: 1000 mL de aguas residuales doméstica, 1000 mL (2 frascos) de agua residual domestica con filtro de grava y carbón activado, 1000 mL (2 frascos) de agua residual domestica con filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado.

### 2.1. Construcción del filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado

Se recolectó agua con detergente en un tanque de 250 L. Se implementó un sistema de distribución de agua, con tubo de media pulgada, a la cual se agregó tres caños a 20 cm de distancia. Se cortó la base de dos botellas descartables de 1,5 L, se le hizo orificios a la tapa de las botellas, seguidamente se puso algodón en las tapas, para que el carbón no caiga.

Se agregó a dichas botellas 250 g de carbón activado y luego grava de 0,5 cm de diámetro hasta lograr una altura de 12 cm. Para cada filtro se hizo una base de metal de diferentes medidas. Adicional a eso se elaboró una base para un tanque de 20 L en la cual se diluye 3,5 g de sulfato de aluminio. Para la recolección del agua tratada se utilizó dos depósitos. Posteriormente se realizó la experimentación, en donde se tomaron las muestras en los frascos brindados por el laboratorio.

### 2.2. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Para la evaluación del efecto del filtro sobre la concentración de detergentes se usó las pruebas estadísticas de ANOVA "Análisis de Varianza" para comparar las concentraciones y pruebas de correlación regresión con los tiempos y velocidades de filtración, posteriormente determinamos cuál es el óptimo y conveniente para las aguas residuales del distrito de Cajamarca.

Por lo tanto, para el análisis de datos se encontró el porcentaje de la concentración del detergente para luego ser sometido al análisis de varianza, así como también para pH y la Turbidez, adicionalmente, los datos fueron analizados mediante la prueba de Fisher y Tukey en el programa estadístico Minitab 19 y Excel.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El filtro con coagulante y sin coagulante han influido en la remoción de detergentes (p 0,007), indicando por tanto que existe una diferencia significativa entre el valor inicial del agua residual sin tratar con respecto al agua tratada. Se demuestra que el tratamiento del agua residual con filtros (con y sin

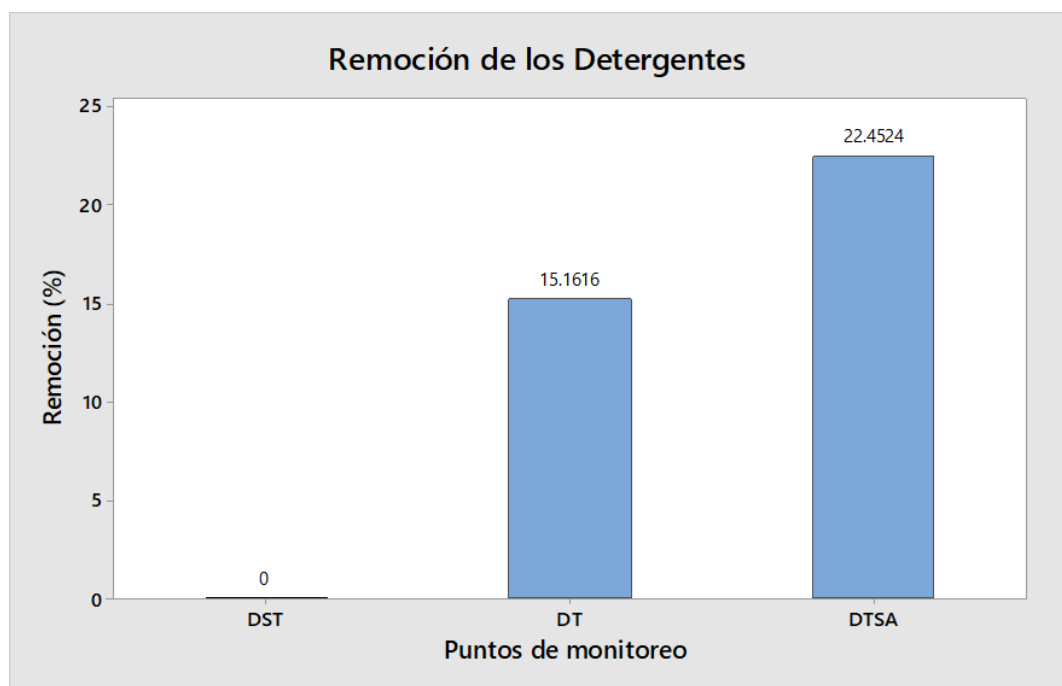
coagulante) ha producido un efecto sobre la concentración del detergente, de tal manera, que logra removerlo o disminuirlo (Tabla 1).

**Tabla 1.**

*Variables medidas en aguas colectadas de la ciudad de Cajamarca*

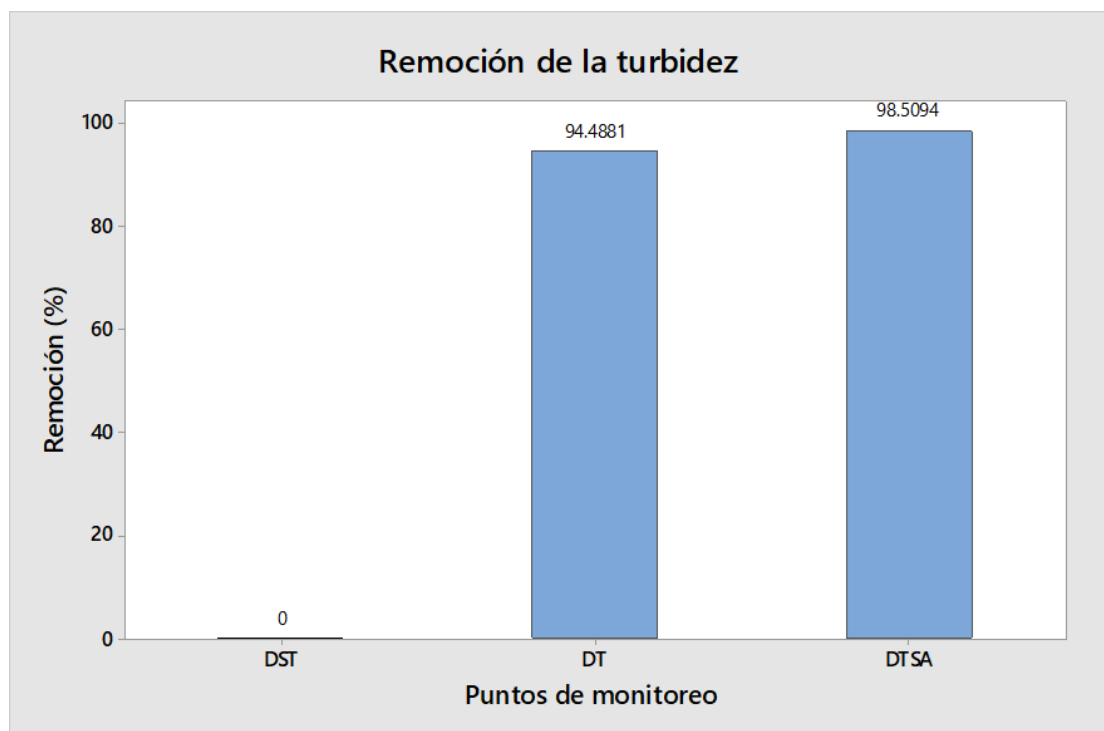
Código	Parámetro	Resultados
DST-001	pH	8,43
DST-001	Turbidez (NTU)	586
DST-001	Detergentes - SAAM (mg MBAS/L)	120,7
DT-001	pH	8,2
DT-001	Turbidez (NTU)	46,2
DT-001	Detergentes - SAAM (mg MBAS/L)	101,6
DTSA-001	pH	7,97
DTSA-001	Turbidez (NTU)	10,8
DTSA-001	Detergentes - SAAM (mg MBAS/L)	89,8
DST-002	pH	8,44
DST-002	Turbidez (NTU)	597
DST-002	Detergentes - SAAM (mg MBAS/L)	120,7
DT-002	pH	7,85
DT-002	Turbidez (NTU)	18,4
DT-002	Detergentes - SAAM (mg MBAS/L)	103,2
DTSA-002	pH	7,75
DTSA-002	Turbidez (NTU)	6,67
DTSA-002	Detergentes - SAAM (mg MBAS/L)	97,4

Se demuestra que el tratamiento del agua residual con filtros (con y sin coagulante) no ha producido un efecto sobre el pH ( $p = 0,087$ ), de tal manera, que no logra modificarlo. Se demuestra que el tratamiento del agua residual con filtros (con y sin coagulante) ha producido un efecto sobre la turbidez ( $p = 3,38$ ), de tal manera, que logra removerlo o disminuirlo (Figura 1).



**Figura 1.** Efectividad del filtro (con y sin coagulación) sobre la concentración de los detergentes

Por último, se demuestra que el agua residual con coagulante tratado en el filtro con grava y carbón activado remueve más detergente (22,55 %) y turbidez (98,51 %) que el tratado sin coagulante, es decir, el coagulante influye en el tratamiento.



**Figura 2.** Efectividad del filtro (con y sin coagulación) sobre la turbidez

En este estudio el filtro con coagulante y sin coagulante han influido en la remoción de detergentes, indicando por tanto que existe una diferencia significativa entre el valor inicial del agua residual sin tratar con respecto al agua tratada. Sin embargo, en otro estudio los resultados mostraron que los valores de turbidez y demanda química de oxígeno disminuyen drásticamente al utilizar el proceso de tratamiento que consiste en coagulación, floculación, filtración con arena y oxidación seguida de filtración con arena y carbón activado (Abdelmoez et al., 2013).

Se demuestra que el tratamiento del agua residual con filtros (con y sin coagulante) ha producido un efecto sobre la concentración del detergente, de tal manera, que logra removerlo o disminuirlo. Existen también otras maneras de tratar agua con detergentes aniónicos, sólidos suspendidos totales y bacterias mediante filtros de columna empacados con complejos de micela/montmorillonita mezclados con exceso de arena (Brook et al., 2015). Existen filtros con carbón activado, con dos capas de carbón activado granular (Mensah & Forster, 2003).

Existen también métodos como filtro aireado biológico como un proceso de biopelícula fija para eliminar los compuestos orgánicos volátiles transportados por el agua de una planta de fabricación de capacitores cerámicos de múltiples capas (Chen et al., 2022). Existen variables que se deben medir como la inclinación del panel, un estudio indica que mejoró significativamente el control del ensuciamiento y mejoró la permeabilidad debido al mayor contacto de las burbujas de aire con la superficie de la membrana, lo que indujo un desprendimiento continuo del ensuciamiento de la superficie de la membrana (Barambu et al., 2020).

Se demuestra que el tratamiento del agua residual con filtros (con y sin coagulante) no ha producido un efecto sobre el pH ( $p > 0,087$ ), de tal manera, que no logra modificarlo. Se demuestra que el tratamiento del agua residual con filtros (con y sin coagulante) ha producido un efecto sobre la turbidez ( $p > 3,38$ ), de tal manera, que logra removerlo o disminuirlo. Existen estudios que usan otros filtros en los que indican los rendimientos del biocarbón y la paja de teff se evaluaron en función de los parámetros de operación y el

porcentaje de eficiencia de eliminación a diferentes tasas de flujo; la evaluación mostró una tasa de flujo de 0,4 L/min para exhibir la máxima eficiencia de eliminación (Yaseen et al., 2019).

Por último, se demuestra que el agua residual con coagulante tratado en el filtro con grava y carbón activado remueve más detergente (22,55 %) y turbidez (98,51 %) que el tratado sin coagulante, es decir, el coagulante influye en el tratamiento. En otro estudio los resultados mostraron que los valores de turbidez y demanda química de oxígeno (DQO) disminuyen drásticamente al utilizar el proceso de tratamiento propuesto, que consiste en coagulación, floculación, filtración con arena y oxidación seguida de filtración con arena y carbón activado (Abdelmoez et al., 2013).

Los adsorbentes de carbón utilizados se prepararon por pirólisis con vapor de agua de diferentes materias primas: huesos de durazno, huesos de aceituna, asfaltita natural, mezclas de brea de alquitrán de hulla y furfural (Tsytarski et al., 2014). En donde se indica que es más eficaz en carbón activado con un espesor de 20 cm y zeolita de 40 cm con una tasa de disminución del 99,02 % para tratar agua con detergentes (Haderiah et al., 2015).

## CONCLUSIONES

El filtro de grava, sulfato de aluminio y carbón activado es efectivo para eliminar detergentes de aguas residuales urbanas de la ciudad de Cajamarca; dado que, se elimina el 22,55% de los detergentes y el 98,51% de la turbidez.

Se eliminó el 22,55% de la concentración de los detergentes de las aguas residuales añadiendo coagulante, en contraste, con el agua residual tratada sin coagulante 15,16%.

Se eliminó el 98,51% de la turbidez con el coagulante añadido y filtros, sobre el 94,50% de la turbidez del agua tratada con filtro y sin coagulante.

## FINANCIAMIENTO

Ninguno

## CONFLICTO DE INTERESES

El presente artículo no presenta conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Vera-Zelada, P., Vera-Zelada, L. A., Saucedo-Osorio, E. H. y Mamani-Arias, L. B.: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal; Investigación; Administración del proyecto; Software; Supervisión; Validación, Redacción-borrador original y Redacción-revisión y edición.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelmoez, W., Barakat, N. A. M., & Moaz, A. (2013). Treatment of wastewater contaminated with detergents and mineral oils using effective and scalable technology. *Water Science and Technology*, 68(5), 974–981. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.275>
- Azizullah, A., Khan, S., Rehman, S., Taimur, N., & Häder, D.-P. (2021). Detergents Pollution in Freshwater Ecosystems. In *Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems* (pp. 245–270). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-75602-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75602-4_12)
- Barambu, N. U., Peter, D., Yusoff, M. H. M., Bilad, M. R., Shamsuddin, N., Marbelia, L., Nordin, N. A. H., & Jaafar, J. (2020). Detergent and Water Recovery from Laundry Wastewater Using Tilted Panel

- Membrane Filtration System. *Membranes*, 10(10), 260.  
<https://doi.org/10.3390/membranes10100260>
- Chen, X., Wang, Y., Bai, Z., Ma, L., Strokal, M., Kroeze, C., Chen, X., Zhang, F., & Shi, X. (2022). Mitigating phosphorus pollution from detergents in the surface waters of China. *Science of The Total Environment*, 804, 150125. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150125>
- Cheng, W.-H. (2009). Using a biological aerated filter to treat mixed water-borne volatile organic compounds and assessing its emissions. *Journal of Environmental Sciences*, 21(11), 1497–1502. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62446-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62446-8)
- Goel, G., & Kaur, S. (2012). A Study on Chemical Contamination of Water Due to Household Laundry Detergents. *Journal of Human Ecology*, 38(1), 65–69. <https://doi.org/10.1080/09709274.2012.11906475>
- Haderiah, H., Sulasmi, S., & Erlani, E. (2015). Effectiveness of Simple Screening Media of Activated Chorcoal and Zeolite to Reduce Waste Water Levels in Laundry Detergent. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 24(3), 180–186. <https://gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/view/4676>
- Jahan, K. (2004). Detergents. In *Water Encyclopedia* (pp. 669–674). Wiley. <https://doi.org/10.1002/047147844X.ww66>
- Liu, Y., & Chen, J. (2014). Phosphorus Cycle. In *Encyclopedia of Ecology* (pp. 181–191). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09043-6>
- McIntyre, A., & He, X. (2019). Global Marine Pollution—A Brief History. In *Encyclopedia of Ocean Sciences* (pp. 231–235). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11429-0>
- Mensah, K. A., & Forster, C. F. (2003). An examination of the effects of detergents on anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 90(2), 133–138. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00126-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00126-3)
- Mousavi, S. A., & Khodadoost, F. (2019). Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26439–26448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05802-x>
- Rojas-Herrera, R. A., Ramos-Castillo, A. S., Estrada-Medina, H., De los Santos-Briones, C., Keb-Llanes, M. A., Barrientos-Medina, R. C., Peña-Ramírez, Y. J., & O'Connor-Sánchez, A. (2015). Living with detergents: pyrosequencing-based assessment of bacterial community structures in soils subjected for decades to contamination by detergents. *Annals of Microbiology*, 65(3), 1313–1322. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0969-x>
- Sharo, A. A., & Daradkah, B. H. (2020). Optimizing the Impact of Detergents Contamination on the Geotechnical Properties of Soils. *Procedia Manufacturing*, 44, 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.248>
- Tsyntsarski, B., Petrova, B., Budinova, T., Petrov, N., Teodosiev, D. K., Sarbu, A., Sandu, T., Ferhat Yardim, M., & Sirkecioglu, A. (2014). Removal of detergents from water by adsorption on activated carbons obtained from various precursors. *Desalination and Water Treatment*, 52(16–18), 3445–3452. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.801327>
- Yaseen, Z. M., Zigale, T. T., Tiyasha, D., R. K., Salih, S. Q., Awasthi, S., Tung, T. M., Al-Ansari, N., & Bhagat, S. K. (2019). Laundry wastewater treatment using a combination of sand filter, bio-char and teff straw media. *Scientific Reports*, 9(1), 18709. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54888-3>