

Reducción de contaminantes en aguas por medio de radiación UVB artificial implementando fotocátalisis - resultados preliminares (fase 1)

ISSN 2215-8227

2023, Volumen 14, No. Extra

Redução de poluentes na água por radiação uvb artificial implementando a fotocátalise - resultados preliminares (fase 1)

Reduction of pollutants in water by artificial uvb radiation implementing photocatalysis - preliminary results (phase 1)

William Eduardo Albornoz  <https://orcid.org/0009-0008-9681-8072>
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
weduardoa@udistrital.edu.co

Miguel Ángel Delgado Gómez  <https://orcid.org/0000-0002-5832-5831>
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
madelgado@udistrital.edu.co

Nelson Forero Chacón  <https://orcid.org/0000-0003-2301-8732>
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
nforero@udistrital.edu.co

Resumen

La escasez de agua en países en vía de desarrollo, ha sido una de las preocupaciones más grandes, por ello desde grupos no gubernamentales como lo es la ONU han establecido objetivos de desarrollo N°6, para el manejo, tratamiento y reutilización de aguas. Por ello desde el grupo de Investigación FMAES en colaboración con el grupo de investigación PHYSIKALISCH, de la Universidad Distrital, se planteó el desarrollo de una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales, para la realización de esta planta es necesario comprender, analizar y caracterizar los procesos y contaminantes que trabajan, para se planteó que uno de los procesos más importantes a nivel industrial que es la fotocátalisis, dada por su versatilidad y alto índice de eliminación de contaminantes. Asimismo este trabajo se dividirá en dos fases de estudio, la primera fase se presentará en este escrito, y el trabajo final se presentará en un artículo.

Palabras clave: Contaminantes, Medio ambiente, Aguas, Residuos, Reducción, Fases.

Resumo

A escassez de água nos países em desenvolvimento tem sido uma das maiores preocupações, e é por isso que grupos não governamentais como a ONU estabeleceram objetivos de desenvolvimento N°6 para a gestão, tratamento e reutilização da água. Por esta razão, o grupo de investigação FMAES, em colaboração com o grupo de investigação PHYSIKALISCH da Universidade Distrital, propôs o desenvolvimento de uma instalação piloto para o tratamento de águas residuais. Para realizar esta instalação, é necessário compreender, analisar e caracterizar os processos e poluentes envolvidos, para os quais um dos processos mais importantes a nível industrial é a fotocatalise, dada a sua versatilidade e elevada taxa de eliminação de poluentes. Também este trabalho será dividido em duas fases de estudo, a primeira fase será apresentada neste artigo, e o trabalho final será apresentado num artigo.

Palavras chave: Poluentes, Ambiente, Água, Resíduos, Redução, Fases.

Abstract

Water scarcity in developing countries has been one of the biggest concerns, therefore, non-governmental groups such as the UN have established development goals No. 6, for the management, treatment and reuse of water. Therefore, from the FMAES research group in collaboration with the PHYSIKALISCH research group of the Universidad Distrital, the development of a pilot plant for wastewater treatment was proposed, for the realization of this plant it is necessary to understand, analyze and characterize the processes and pollutants that work, for one of the most important processes at industrial level is photocatalysis, given its versatility and high rate of pollutant removal. Also this work will be divided into two phases of study, the first phase will be presented in this paper, and the final work will be presented in an article.

Keywords: Pollutants, Environment, Water, Waste, Reduction, Phases.

Introducción

Actualmente, una de las principales problemáticas medioambientales y sociales, a nivel mundial, es la escasez de agua en particular en algunos países en vías de desarrollo, lo cual, dentro de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en uno de sus objetivos de desarrollo sostenible planteado en el año 2017, como ONU-Agua, siendo este el objetivo N°6, donde especifica que el tratamiento de aguas para una adecuada reutilización dentro de estos países es inferior al 8%, en cambio en los países desarrollados es superior al 70%.

Al presentarse esta problemática, El Grupo de Investigación Física del Medio Ambiente y Energía Solar FMA&ES de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en colaboración con el grupo de investigación PHYSIKALISCH de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, desde el año 2021, se planteó el desarrollo de una planta piloto para el tratamiento de aguas, con base en los conocimientos de las ramas de las ciencias naturales (Física, Química y Biología) y tecnología, enfocada en los procesos que involucren fotocatalisis, fotólisis, foto desinfección y otros procesos típicos como coagulación, filtración, floculación.

Enfocándose principalmente este trabajo en la fotocatalisis debido a sus altos índices de degradación de componentes orgánicos e inorgánicos (Montserrat, Tobajas. et al. 2016) facilitando su posterior separación y retiro con otros procesos.

Para una claridad más explícita de este término, el proceso Foto, se centra en la utilización de longitudes de onda luminosas (fotones), con el fin de separar o romper enlaces que presentan los contaminantes suspendidos en el líquido, ayudando a la aceleración de procesos químicos y biológicos. Herrmann, J. M. 1999.

Al realizar una revisión minuciosa sobre esta temática, se ha encontrado, que la mayoría de los prototipos o plantas ya constituidas para el tratamiento de aguas residuales, presentan algún proceso Foto, dada su versatilidad y economía, como también su efectiva reducción de los contaminantes.

Una de las concepciones a tener en cuenta son los tipos de contaminantes a trabajar, en este sentido los parámetros focales a tener en cuenta para esta investigación, se enfocarán en contaminantes orgánicos e inorgánicos, dentro de los procesos fisicoquímicos (Dureza y Turbidez), Sulfatos, Nitratos, Fosfatos y Metales Pesados (Hierro), entre otros además de la implementación de instrumentos tecnológicos para su determinación y estandarización.

Aspecto metodológico

El desarrollo del proyecto se centra en la realización del análisis de la modificación de la concentración de productos contaminantes en aguas por medio de radiación UVB artificial, desde una forma secuenciada, por medio de estudios planteados por una lógica deductiva en las que el proyecto se dividido en dos fases la primera en la

corroboración del proceso en cuestión tomando como base uno de los análisis a estudiar, la segunda fase se centra en la medición de todos los parámetros enfocados en los procedimientos establecidos.

Cada parámetro se divide en 5 intervalos de tiempo (partiendo de un estado inicial o a 60 minutos, en el que cada intervalo lo separan 15 minutos), con la finalidad de comprobar si existe un decaimiento en los niveles de concentración de las partículas suspendidas.

Para la incidencia de la radiación UVB artificial se implementara el equipo de Bio-Instruments S.A.S, la camara UV 4 p/lamparas Marca CAMAG, el cual cuenta con dos márgenes de radiación determinados a 254 nm y 366 nm, por un margen de tiempo activo de 3 minutos.

Para la elaboración de la fotocatalisis se implementara como fotocatalizador el Dióxido de Titanio grado analítico (TiO_2), el cual cuenta con una banda de absorción como semiconductor (banda de valencia-conducción) entre los márgenes de 280 nm a 300 nm, generando la presencia de radicales libres hidroxilo.

Para el análisis experimental cuantitativo se siguieron las indicaciones presentadas por Eaton, Andrew D. et al. Dr. Leon, Andres. et al y las indicaciones minuciosas del manual de HANNA Instruments, dentro del análisis pertinente para cada contaminante.

Centrándose en la formación de docentes en las áreas de las ciencias naturales, enfocados en el desarrollo sostenible, manejando equipo instrumental de grado analítico y determinaciones focales de manejo manual.

Fase 1.

Fundamentación teórica del método empleado

Turbidez:

La turbidez del agua está causada por la materia coloidal y suspendida, como la arcilla, el limo, la materia orgánica e inorgánica finamente dividida y el plancton y otros organismos microscópicos. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que hace que la luz se disperse y se absorba en lugar de transmitirse sin que cambie la dirección o el nivel de flujo a través de la muestra. La correlación de la turbidez con el peso o la concentración del número de partículas de la materia en suspensión es difícil porque el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas afectan a las propiedades de dispersión de la luz de la suspensión.

Algunos instrumentos comerciales pueden tener la capacidad de corregir la interferencia de color de la luz del silencio o de suprimir ópticamente el efecto del color, es decir realizar análisis turbidimétricos. Eaton, Andrew D. et al.

Resultados

Las muestras con las que se trabajó en este proyecto fueron fabricadas con agua destilada, reactivos del almacén de Laboratorios de Química, Instrumentación y materiales proporcionados por el almacén de Química y Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Sede Macarena B).

Fase 1. Análisis de la muestra contaminante seleccionada para corroboración

El análisis de turbidez se realizó en Octubre del 2022, para dicho análisis se pesaron, prepararon y analizaron las muestras de reactivos de tal manera que la concentración de los iones se encontraron dentro del rango de detección del equipo implementado (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de Reactivos Utilizados para la elaboración, por recipiente.

Reactivo	Cantidad
MnO ₂ (Óxido de Manganeso)	85 mg
TiO ₂ (Dióxido de Titanio)	1 mg
H ₂ O des (Agua Destilada)	50 mL

Analizado en el Espectrofotómetro Shimadzu, propiedad de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Resultados obtenidos

Gráfica de curva de Calibración:

Imagen 1. Curva de Calibración generada por el equipo. Albornoz, W. E.

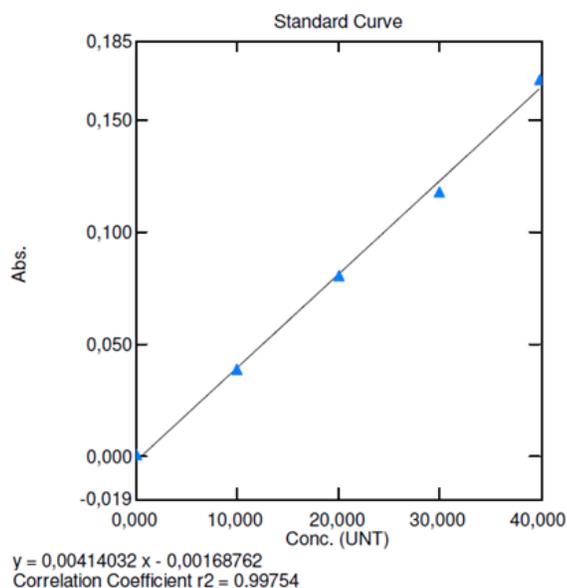


Imagen 2. Curva de Calibración traspasada a una herramienta de Análisis sistémico (EXCEL)

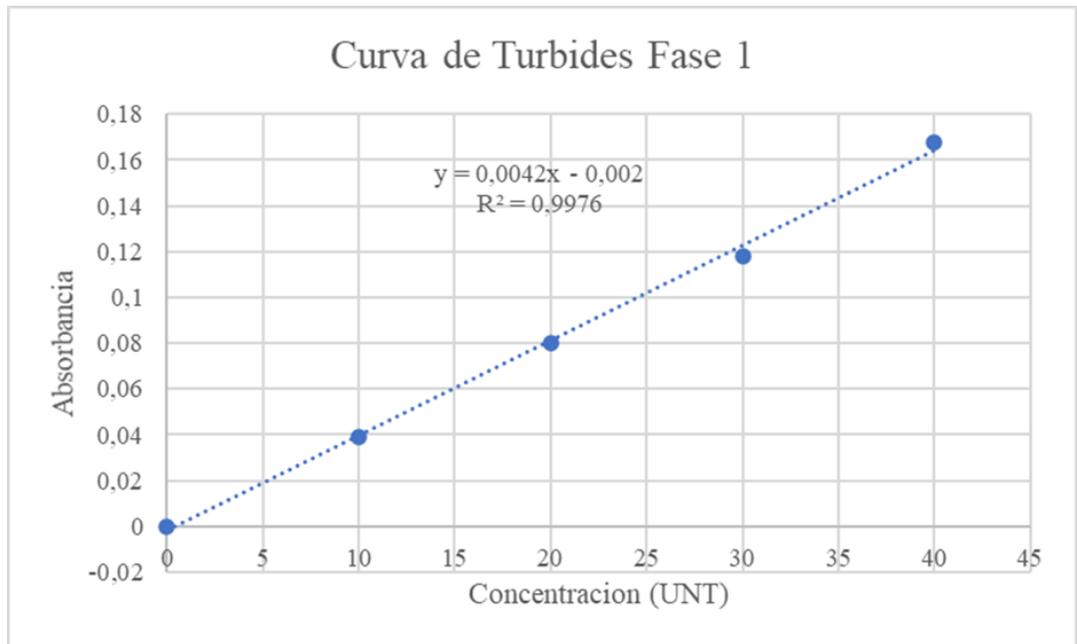
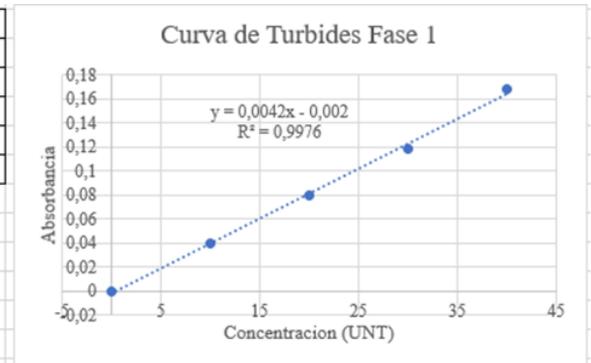


Imagen 3. Curva de Calibración con datos traspasada a una herramienta de Análisis sistémico (EXCEL).

N° Muestras	Muestra	Concentracion UNT	Absorbancia
1	Blanco	0	0
2	Patron 1	10	0,039
3	Patron 2	20	0,08
4	Patron 3	30	0,118
5	Patron 4	40	0,168
	a	0,042	
	b	0,02	
	R²	0,9976	



Datos de Curva de Calibración:

Gráfica de Concentración de Turbidez por Intervalo de Tiempo:

→Tiempo Inicial 0, 15 y 30 minutos

Imagen 4. Datos de la absorbancia a 0, 15 y 30 minutos, para la turbidez.

Wavelength	Blanco	Tiempo 0	Tiempo 15'	Tiempo 30'
399.00	0.001	1.053	0.766	0.354
400.00	0.001	1.055	0.767	0.354
401.00	0.001	1.056	0.768	0.355

Imagen 5. Absorbancia a 0, 15 y 30 minutos, para la turbidez.

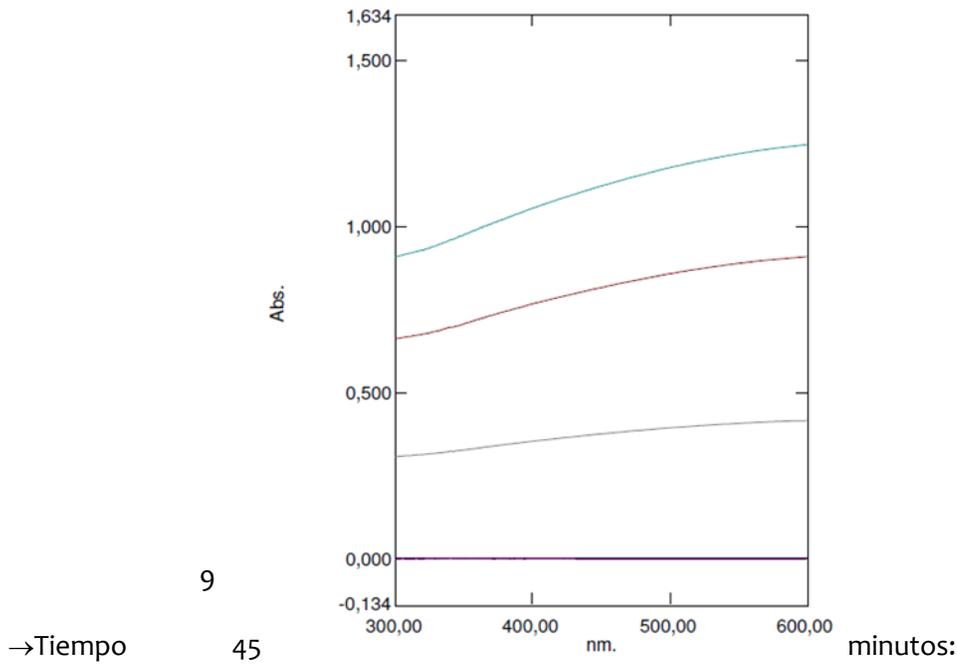
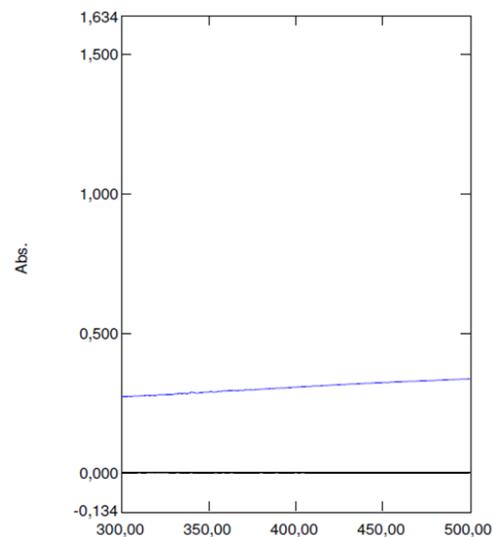


Imagen 6. Datos de la absorbancia a 45 minutos, para la turbidez.

Wavelength	Blanco	Muestra eror	Tiempo 45'
399.00	0.000	-0.455	0.307
400.00	0.001	-0.456	0.307
401.00	0.000	-0.457	0.308

Imagen 7. Absorbancia a 45 minutos, para la turbidez.



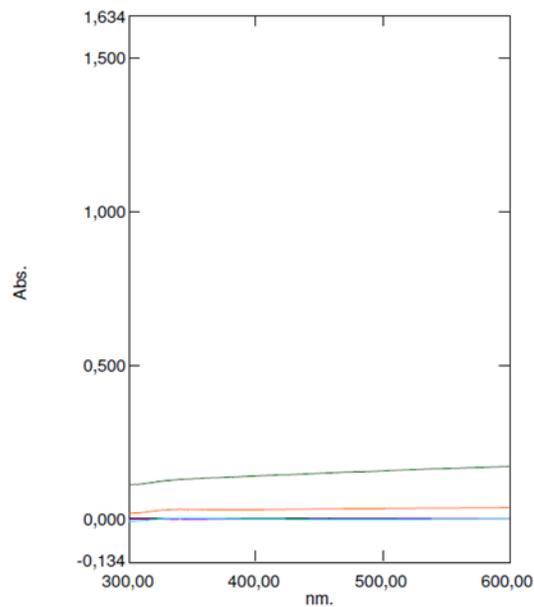
→Tiempo Final (60 minutos):

→

Imagen 8. Datos de la absorbancia a 60 minutos, para la turbidez.

Wavelength	Blanco	Tiempo 60'
399.00	0.000	0.141
400.00	0.000	0.141
401.00	0.000	0.141

Imagen 9. Absorbancia a 45 minutos, para la turbidez.



Concentración en UNT contaminantes en Aguas:

→Tiempo 0:

$Abs / 7 = \text{abs reducido}$

$1,055 / 7 = 0,1507$

$$UNT = \frac{0,1507 - (-0,002)}{0,0042}$$

UNT = 36,36 UNT Reducida

UNT Real = $36,36 * 7 = 254,5$ UNT

→Tiempo 15:

$Abs / 7 = \text{abs reducido}$

$$0,767 / 7 = 0,1095$$

$$\text{UNT} = \frac{0,1095 - (-0,002)}{0,0042}$$

$$\text{UNT} = 26,56 \text{ UNT Reducida}$$

$$\text{UNT Real} = 26,56 * 7 = 185,9 \text{ UNT}$$

→Tiempo 30:

$$\text{Abs} / 7 = \text{abs reducido}$$

$$0,354 / 7 = 0,0505$$

$$\text{UNT} = \frac{0,0505 - (-0,002)}{0,0042}$$

$$\text{UNT} = 12,51 \text{ UNT Reducida}$$

$$\text{UNT Real} = 12,51 * 7 = 87,61 \text{ UNT}$$

→Tiempo 45:

$$\text{Abs} / 7 = \text{abs reducido}$$

$$0,307 / 7 = 0,0438$$

$$\text{UNT} = \frac{0,0438 - (-0,002)}{0,0042}$$

$$\text{UNT} = 10,91 \text{ UNT Reducida}$$

$$\text{UNT Real} = 10,91 * 7 = 76,42 \text{ UNT}$$

→Tiempo 60:

$$\text{Abs} / 7 = \text{abs reducido}$$

$$0,141 / 7 = 0,0201$$

$$\text{UNT} = \frac{0,0201 - (-0,002)}{0,0042}$$

$$\text{UNT} = 5,27 \text{ UNT Reducida}$$

$$\text{UNT Real} = 5,27 * 7 = 36,90 \text{ UNT}$$

Evidencia Fotografica Paso de Tiempo:

Imagen 10. Muestra Inicial de Turbidez (Tiempo 0)

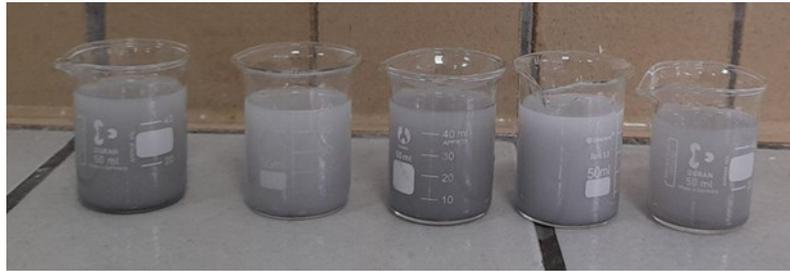


Imagen 11. Muestra Final de Turbidez (Tiempo 60 minutos)

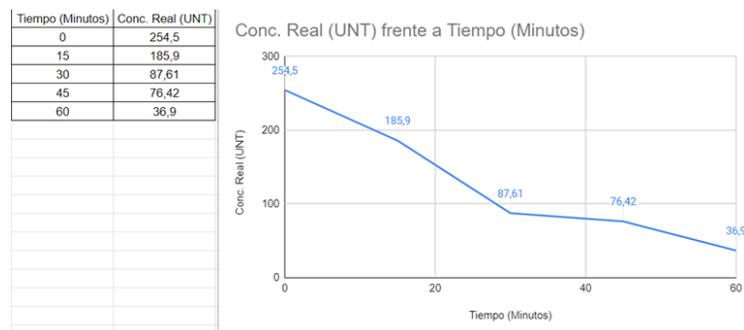


Graficación Concentración frente al Tiempo:

Imagen 12. Gráfica Concentración Real frente al Tiempo transcurrido en la experimentación.



Imagen 13. Gráfica Absorbancia Real frente al Tiempo transcurrido en la experimentación.



Albornoz, W. E. Delgado Gómez, M. A. Forero Chacón, N. L. (2023). Reducción de contaminantes en aguas por medio de radiación uvb artificial implementando fotocatalisis - resultados preliminares (fase 1). Revista Electrónica EDUCyT, V. 14, (Extra), pp.1407-1418.

Conclusiones

Lo que se puede evidenciar dentro de la primera fase es que:

Hay una relación entre la radiación UVB artificial frente a los niveles de reducción de la concentración de la muestra problema, dentro del proceso de fotocátalisis, esto analizado en un periodo de tiempo de 1 hora.

Dentro de este trabajo se observa que el nivel y/o concentración de MnO₂ (Óxido de Manganeso) disminuye considerablemente, generando un precipitado de color blanco, que puede ser extraído con facilidad con procesos físicos o químicos.

El tratamiento de aguas Residuales con UVB tanto natural como artificial, presentan muchas ventajas significativas a la hora de restaurar fuentes hídricas, pues a diferencia de los métodos convencionales que implementan procesos de nivel industrial, este proceso se puede utilizar a menor escala y con una practicidad significativa, pero presentando el inconveniente de la implementación de un reactivo costoso, pero esencial.

La fotocátalisis ya sea con luz natural o artificial se convierte en un interesante mecanismo para la utilización en plantas o proyectos de tratamiento de aguas contaminadas, siendo muy práctica para proyectos a nivel rural, en el que la población no puede acceder fácilmente a fuentes hídricas potables.

Bibliografía

- Rodríguez Mata, A. E; Flores Colunga, G; Rangel Peraza, J. G; Lizardi Jiménez. M. A; Amabilis-Sosa, E; 2018. Estimación de estados en sistemas fotosintéticos mediante observadores encadenados: diseño para un tratamiento terciario de aguas residuales en cultivo de spirulina máxima en fotobiorreactores.
- Hincapié Mejía, G. M; Ocampo, D; Restrepo, G. M; Marín, J. M; 2010. Fotocatálisis heterogénea y foto-fenton aplicadas al tratamiento de aguas de lavado de la producción de biodiesel.
- Puentes Morales, C; Pedroza Camacho, L. D; Mateus Maldonado, J. F; Lores Acosta, J. C; Pedroza Cubides, M. C; Ramirez Rodríguez, J; Salcedo Reyes, J. C; Díaz Ariza, L. A; Pedroza Rodríguez, A. M; 2020. Tratamiento biológico y fotocatalítico a escala de planta piloto para aguas residuales coloreadas sintéticas producidas en laboratorios de docencia universitaria.

- León, A; Andueza, F. (sf.) ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA. Departamento de Análisis y Control. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- Rice, E. W; Baird, R. B; Eaton, A. D; Clesceri, L. S; 2012. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. 22Nd Edition. Washington, DC. Estados Unidos de América.
- Remata. 2017. Desarrollan nuevos fotocatalizadores para eliminar contaminantes emergentes en aguas. Revista Técnica De Medio Ambiente.
- Herrmann, J.-M. 1999. Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications in the removal of various types of aqueous pollutants. *Catalysis Today*. 53(1): p. 115-129.
- Mills, A; Le Hunte, S; 1997. An overview of semiconductor photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 108(1): p. 1-35.
- Montserrat, T; Belver, C; Rodríguez, J; 2016. “Degradation of emerging pollutants in water under solar irradiation using novel TiO₂-ZnO/clay nanoarchitectures”. *Chemical Engineering Journal*.
- OMS. 1993. Organización Mundial de la Salud.
- ONU. 2017. Organización de las Naciones Unidas. Objetivo de desarrollo Sostenible. ONU-Aguas.
- FDA. Administración de alimentos y medicamentos. 2020. Parámetros máximos de contaminantes suspendidos en aguas para uso Farmacológico USP-PH. EUR.
- Directivas Europeas 91/271/CEE. 1998. Tratamiento de las aguas Residuales Urbanas. Normativa española por el R. D. Ley 11/1995, el R. D. 509/1996, el R. D. 2116/1998.
- TRITON. Tratamiento y Reciclado de Aguas. 2018. Tratamiento Avanzado y Recuperación de Recursos de aguas Residuales Industriales. México.
- CYTED. 2010. Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología Para el Desarrollo.
- Jaramillo, C. A. 2006. La fotocátalisis: Aspectos fundamentales para una recuperación de contaminantes. Universidad de Caldas. pp. 71-88.
- Marquez, H. M. 1999. La foto-oxidación en el tratamiento de aguas residuales. *Ingeniería Química*. pp. 101-108.
- Hermann, J. M. 2005. Destrucción de contaminantes orgánicos por fotocátalisis heterogénea. *Solar Safe Water*. 153-173.