



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fotocatálisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco
y carbamazepina en aguas residuales**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingéniera Ambiental

AUTORAS:

Espinoza Marcas, Jazmyn Aracely (orcid.org/0000-0002-2126-2603)

Ortiz Alvarez, Nikolth Maryorit (orcid.org/0000-0001-8621-6571)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, José Elías (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi familia porque me brindaron la motivación necesaria para salir adelante; especialmente a mis padres, Vilma Alvarez y Carlos Ortiz por brindarme una buena calidad de vida y su apoyo incondicional en las decisiones que tome y tomaré.

Con todo mi cariño, para mis papitos, Benedicta Ccoa y Braulio Alvarez que me dieron todo su amor, paciencia, comprensión y aliento cuando lo necesite.

Por último, a mis hermanos que son la razón de mis logros y la motivación diaria para seguir superándome día a día.

Nikolth Maryorit Ortiz Alvarez

A mis padres Teofilo y Beatriz, porque ellos siempre antepusieron mis prioridades antes de las suyas, y constantemente me brindaron una buena calidad de vida.

A mis abuelos, porque siempre me brindaron todo su amor, apoyo incondicional, comprensión y quisieron que sus nietos tengamos un mejor futuro.

A mi familia, porque siempre estuvieron apoyándome en cada momento, brindándome consejos y palabras de aliento para ser una mejor persona cada día.

Los amo a todos.

Jazmyn Aracely Espinoza Marcas

Agradecimiento

A Dios por permitirnos tener una familia y disfrutarla, que nos ayudó a crecer como persona y profesionalmente.

Al Ing. Lorgio Valdiviezo, porque desde una primera instancia nos motivó a realizar una investigación acorde a nuestra carrera, que sirva de base para futuras investigaciones.

Jazmyn Aracely y Nikolth Maryorit

Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	v
Resumen	vii
Abstract	viii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	13
3.3 Escenario de estudio	13
3.4 Participantes	13
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.6 Procedimiento.....	14
3.7 Rigor científico.....	16
3.8 Método de análisis de datos	16
3.9 Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	17
V. CONSLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS.....	57

Índice de tablas

Tabla 01: Parámetros de la fotocatalisis heterogénea en la remoción de Diclofenaco	18
Tabla 02: Parámetros de la fotocatalisis heterogénea en la remoción de Carbamazepina.....	19
Tabla 03: Eficiencia de la fotocatalisis para la remoción de diclofenaco	21
<i>Tabla 04: Eficiencia de la fotocatalisis para la remoción de carbamazepina.....</i>	<i>23</i>
Tabla 05: Características del Dióxido de Titanio	25
Tabla 06: Matriz de operacionalización de variables	57

Índice de gráficos y figuras

Fig. 01: Producción de diclofenaco	6
Fig. 02: Producción de carbamazepina	8
Fig. 03: Tecnología de la fotocatalisis heterogénea	9
Fig. 04: Generación del hueco en la banda de valencia	10
Figura 05. Parametros que influyen en la fotocatalisis heterogénea.....	13
Figura 06: Flujograma prisma de la obtención de información	15

Resumen

La presente investigación tiene por objetivo analizar los parámetros que se controlan dentro de la fotocatalisis heterogénea para la remoción de diclofenaco y carbamazepina aguas residuales, la metodología que se está empleando es de tipo cualitativa empleando una técnica de análisis de información, asimismo, la presente investigación busca analizar cada uno de los parámetros en beneficio al tratamiento de aguas residuales. En conclusión, los parámetros que más influyen en la fotocatalisis heterogénea son la temperatura, el pH, la longitud de onda, el tipo y masa del fotocatalizador, además, el tiempo de contacto. Estos definen la eficiencia del método foto catalítico evidenciándose en el grado de remoción de cada uno de los fármacos analizados, que son el diclofenaco y la carbamazepina presentes en aguas residuales. Para emplear este tipo de métodos fotocatalítico se recomienda emplear fotocatalizadores dotados con nanopartículas de metales para de esa manera tener una mejor eficiencia en grado de remoción de estos fármacos.

Palabras claves: fotocatalisis, aguas residuales, contaminantes emergentes, carbamazepina, diclofenaco.

Abstract

The objective of this research is to analyze the parameters that are controlled within the heterogeneous photocatalysis for the removal of diclofenac and carbamazepine wastewater, the methodology that is being used is of a qualitative type using a common information analysis technique, the present investigation seeks to analyze each of the parameters for the benefit of wastewater treatment. In conclusion, the parameters that most influence heterogeneous photocatalysis are temperature, pH, wavelength, type and mass of the photocatalyst, as well as contact time. These definitively show the efficiency of the photocatalytic method, evidencing in the degree of removal of each of the analyzed drugs, what are diclofenac and carbamazepine present in wastewater. To use this type of photocatalytic methods, it is recommended to use photocatalysts dotted with metal nanoparticles in order to have a better efficiency in the degree of removal of these drugs.

Keywords: photocatalysis, wastewater, emerging pollutants, carbamazepine, diclofenac.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el agua tiene la capacidad de mantener la biodiversidad de ecosistemas y otorgar suministros de alimentos para la supervivencia humana (Sánchez, 2008, p.13). La escasez del recurso dificulta lograr un adecuado desarrollo de las actividades económicas y la sostenibilidad (Haro, Arias y Taddei, 2015, p.56). Este recurso se ve afectado por la contaminación, generando deficiencia en su calidad y la alteración en su estructura (Daza, Serna y Carabalí, 2018, p.30). Además, solo el 30% es tratada adecuadamente en Latinoamérica y es distribuida para el consumo humano (Larios, Gonzáles y Morales, 2015, p.12). Hay alrededor de 150 000 muertes al año en América Latina (Abraham, Quintana y Mataloni, 2018, p.38); y el 26% de los fallecimientos en niños menores a 5 años son por enfermedades gastrointestinales a causa de la contaminación hídrica (Bellido et.al, 2010, p. 116).

Los contaminantes más comunes en aguas son de origen emergente (Sulbarán et.al, 2019, p.14). Este tipo de compuestos ha tomado importancia y relevancia en la sociedad científica en los últimos 20 años (García et. al, 2020, p. 29). Debido a que presentan una naturaleza, comportamiento impredecible y su falta de legislación (Julian y Magrini, 2017, p.2), además, de su limitada degradación y elevada persistencia (Gavrilescu et.al, 2015, p.147). Sin embargo, no hay muchos estudios referentes a estos compuestos en nuestro país (Velásquez, 2016, párr.23).

Dentro del grupo de emergentes se encuentran los fármacos que son los más predominantes en las aguas residuales (Qian et.al, 2015, p.2). Entre ellos destacan: carbamazepina, el diclofenaco, el ibuprofeno, el ácido clofíbrico y el triclosán (Correia y Marcano, 2015, p.4). Así mismo, ha destacado el diclofenaco que son antiinflamatorios no esteroideos (AINE) se utiliza clínicamente para controlar la inflamación y el dolor (Chumpitaz, Capillo y Chávez, 2020, p.120). Por otro lado, está la carbamazepina es un anticonvulsivante usado para el manejo de los ataques de epilepsia y otros trastornos neurológicos (Gierbolini, Giarratano y Benbadis, 2016, p. 4).

Los tratamientos de oxidación avanzada son los que tienen más eficiencia para la remoción de estos contaminantes (Garza et.al, 2021, p.182). Entre ellos destaca la fotocatalisis definida como una reacción fotoquímica (Ravelli, Protti y Albini, 2015, p. 1528); existen dos tipos de fotocatalisis: homogénea y heterogénea (Gao et.al, 2017, p. 3). La fotocatalisis heterogénea se caracteriza por tener los reactivos en una fase diferente al catalizador (Muhd y Bagheri, 2015, p.2); y desencadenar una serie de reacciones como oxidaciones, transferencia de hidrógeno, deshidrogenaciones, entre otros (García, 2016, p. 7). La fotocatalisis homogénea se destaca por poseer los reactivos en la misma fase (González, 2021, p. 24); teniendo los fotocatalizadores más comunes al fentón y ozono (Zorpas y Saranti, 2016, p. 164).

Se han reportado revisiones sobre tratamientos para fármacos en aguas residuales tales como: tratamientos biológicos basados en hongos de pudrición blanca se empleó para remover antibióticos, antiinflamatorios, drogas psiquiátricas, entre otros (Akerman y Rojas, 2021, p. 7). También, se encuentran el uso de microalgas para la remoción de ibuprofeno, diclofenaco, carbamazepina y antibióticos (Sandoval, Morales y Rubio, 2020, p. 131). Además, están los tratamientos de oxidación avanzada como la ozonización logrando la remoción de ibuprofeno, paracetamol, diclofenaco, propofol y codeína (Jaimes y Vera, 2020, p. 255). El uso de carbón activado asistido con unidad de ultrafiltración se empleó para la eliminación de azitromicina (Sbardella et.al, 2018, p. 527). La fotocatalisis con ZnO para degradar de triclosán (Netzahuatl y Rodríguez, 2020, p. 110). La biorremediación por bacteria (*Labrys portucalensis* F11) para remover carbamazepina (Mendez y Morales, 2021, p. 1852).

Este trabajo se justifica en que, si bien se han reportado revisiones de la aplicación de la fotocatalisis de la remoción de fármacos, no se ha hecho énfasis en los parámetros controlados del proceso. Por lo tanto, este estudio posee una baja inversión, para el análisis de estos parámetros involucrados en el desarrollo de la fotocatalisis heterogénea. Observando la necesidad de un estudio que pueda fortalecer el análisis de dichos contaminantes emergentes que traen consigo consecuencias dañinas para la biodiversidad de ecosistemas y salud

humana (Canchola et.al, 2021, p. 225) teniendo en cuenta que la contaminación provocada por estos compuestos se va extendiendo rápidamente (Oropesa, Moreno y Gómez, 2017, p. 101).

Según lo expuesto anteriormente, se plantean las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los aspectos más relevantes en la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales? ¿Cuáles son los parámetros que controlan en la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales? ¿Cuál es la diferencia del grado de remoción del diclofenaco y carbamazepina aplicado en la fotocatalisis heterogénea? ¿Cuáles son los catalizadores más usados durante la fotocatalisis heterogénea?

Asimismo, el objetivo general de esta investigación es analizar los aspectos más relevantes en la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales; como primer objetivo específico tenemos analizar los parámetros que controlan la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales; y como segundo objetivo específico tenemos comparar el grado de remoción del diclofenaco y carbamazepina aplicado en la fotocatalisis heterogénea, como tercer objetivo específico tenemos identificar los catalizadores más usados en la fotocatalisis heterogénea.

II. MARCO TEÓRICO

Los fármacos a nivel mundial tienen como base una innovación continua (Ekow et.al, 2018, p. 2); provocado que la mayoría de los países tengan una vista en el desarrollo e investigación (González et.al, 2017, p. 242). Genera la diversificación de la gama de medicamentos y una mejora en los tratamientos actuales (Castells, 2015, p. 29).

La industria farmacéutica está clasificada por: medicamentos con patentes, medicamentos genéricos y los medicamentos de venta libre (Tobar, 2008, p. 61). En ese sentido, esta industria es considerada una de las actividades económicas muy significativas a nivel mundial (Figueras, 2020, p. 22); debido a la gran actividad productiva y la comercialización cuyo fin es salvaguardar la salud y vida de las personas (Escribano, 2015, p. 427).

Existe países como India y China que abarcan el 80% en fabricación de fármacos certificados a nivel mundial (Azurmendi, 2015, p. 9). Se tiene una proyección con respecto a China, indica que en los últimos años se tendrá un 11% anual en la tasa de crecimiento promedio (Oliva, 2019, p. 4). Este país, ha conseguido fijar posición en el mercado de productos farmacéuticos, como el segundo a nivel mundial en el año 2018 (China pharmaceuticals, 2018, p. 70). Se tiene conocimiento que el 80% de estos productos vendidos provenientes del mercado chino son genéricos (Organización mundial de la salud, 2017).

Por otro lado, Perú divide el sector farmacéutico en sub sectores los cuáles son: productos químicos y farmacéuticos (elaborados), productos farmacéuticos y químicos (semielaborados); y productos de tocador y farmacéuticos (Chávez, 2019, p. 15). Las empresas importadoras de estos productos que más destacan son: Kimberly- Clark Perú, Ministerio de Salud, Quimtia; y Procter y Gamble Perú (Giraldo, 2013, p. 27).

A los productos farmacéuticos se les considera medicamentos empleados para el diagnóstico, tratamiento y prevención de una enfermedad (Cantafio, 2017, p. 1); esto con el fin de modificar los sistemas fisiológicos en provecho de la

persona a la que se le aplica estos medicamentos (Herrero, 2019, p. 5). Poseen una baja volatilidad y una alta polaridad, debido a ello tienen hacer fácilmente conducidos y descargados en cuerpos de agua (Caviedes y Delgado, 2015, p. 1). La mayoría de estos compuestos son orgánicos; molecularmente pequeños (Saldívar, Prieto y Medina, 2016, p. 52). Al tener un bajo peso molecular y ser moderadamente solubles, aumentan su biodisponibilidad y son biológicamente activos (Torchilin, 2001, p. 1).

Los impactos que generan estos contaminantes, se observan con más frecuencia en el agua (Yanes, 2021). Dado su alto grado de toxicidad que se va incrementado al haber un contacto progresivo (Marín, 2019, p. 325); genera un deterioro en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Mackliff, 2020, p. 74) Se dio la extinción de tres especies de Buitres en la India, por envenenamiento con diclofenaco presente en agua superficial (Contreras, 2016, p. 6). En la salud humana provoca daño en el sistema endocrino, generando un bloqueo o alteración en la labor fisiológica de las hormonas (Ramírez, 2015, p. 33).

El diclofenaco es un fármaco antiinflamatorio no esteroideo (Mares, 2017, p. 2697); derivado del ácido fenilacético (Villanueva, 2021, p. 35). Se encarga de impedir la formación de prostaglandinas en el organismo, producidas en respuesta a una lesión enfermedades o inflamación (Villares, 2021, p. 31). Por tener una sustancia activa, no es adecuado que ingieran niños menores de 12 años (Accord, 2021, párr. 5). Es recomendable que el medicamento este almacenado a una temperatura por debajo de los 30°C y protegido de la luz (Pharma, 2018, p. 9). Además, existe un riesgo en la salud cardiovascular por el diclofenaco (Batlouni, 2009, p. 542); pues genera aumento del 50% de sufrir algún ataque al corazón o infartos (Miró, 2016, p. 42).

En una perspectiva global el diclofenaco, se consume en países como India, Brasil y China alrededor de 60 toneladas sobre una base anual (Patel et.al, 2019, p. 3523). Sin embargo, las Estadísticas Medicas Continentales que sirve al 82% de la población mundial; estiman un consumo de 1443 toneladas a nivel mundial

(Acuña, 2015, p. 329). Es imposible calcular los datos exactos de todo el diclofenaco ya que, los datos de consumo veterinario no están disponibles (Zang, Geissen y Gal, 2008, p. 1152).

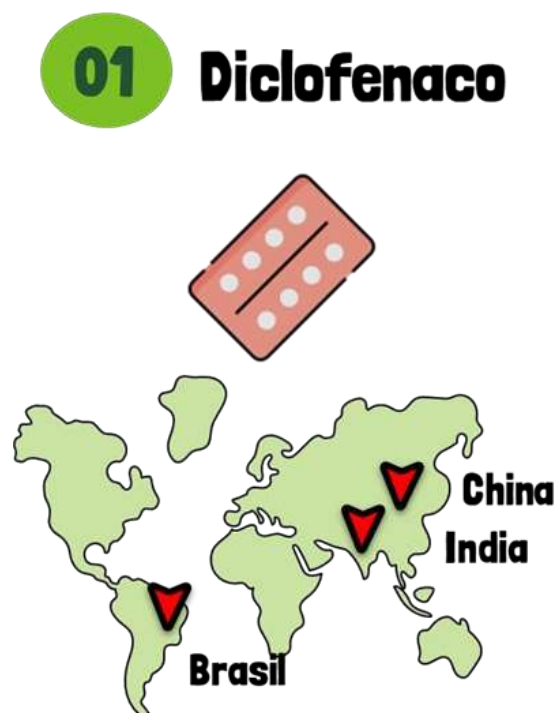


Fig. 01: Producción de *diclofenaco*

Fuente: Elaboración propia

En el medio ambiente el diclofenaco, se encuentra tanto en agua como suelo (Sathishkumar et.al, 2020, p. 7). En suelos con gran contenido de materia orgánica, el diclofenaco se absorbe y presenta resistencia a la degradación aeróbica y anaeróbica (Lonappan et.al, 2016, p. 132); sin embargo, se concentra con mayor frecuencia en agua (Mechthild et.al, 2006, p. 1389). Se encuentra de forma disuelta, absorbida a coloides, solidos suspendidos o sedimentos (Bonnefille et.al, 2018, p. 497). Posee una vida media corta en agua dulce (Tixier et.al, 2003, p. 1063). Se ha detectado este fármaco en varios cuerpos de agua, como: el Atlántico Norte con 460 ng/L, el Océano Pacifico Norte con 843 ng/L; en el mar Rojo alcanzo los 3000 ng/L (Bonnefille et.al, 2018, p. 497). Genera en los organismos marinos como los peces y mejillones estrés oxidativo y general, alteración en su metabolismo (Schmidt et.al, 2013, p. 216).

A nivel mundial hay cerca de 50 millones de personas que sufren de Epilepsia y el 80% de ellas residen en países subdesarrollados (Aguilera, González y Aguilera, 2017, p. 60). La carbamazepina es empleada para tratar esa patología, lo que hace que sea muy comercializada a nivel global (Medlineplus, 2020, párr. 5). En China se puede llegar a producir 100 toneladas al mes (Lucy, 2020, párr.1). México es uno de los países latinoamericanos con mayor consumo de este fármaco (Hernández et.al, 2005, p. 522). En Perú los laboratorios de IQ Farma, Medrock y Tevaproducen carbamazepina en tabletas (Cornershop, s.f., párr. 1), (Balkanpharma, 2019, párr. 1), (Vidal vademécum, 2015, párr. 1).

La carbamazepina es un fármaco antiepiléptico (Pérez et.al, 2021, p. 481). Es usado para controlar los ataques de epilepsia y trastornos neurológicos (Laboratorios normon, 2021, p. 5). Se encarga de aquellas neuronas que experimentan descargas epilépticas, aumentando el número de canales inactivos (Moreira, 2015, p. 32). La absorción se da de manera variable y lenta. No requiere especiales condiciones para su conservación (Pérez, 2016, p. 20). Produce efectos adversos como trastornos gastrointestinales, problemas cardíacos, anemia aplásica, entre otros (Aguila, 2016, p. 26). Además, se han evidenciado riesgos ambientales de 10 a 20 veces más elevados en 2015 que en 1995 (Iagua, 2019, párr. 4).

02 Carbamazepina



Fig. 02: Producción de *carbamazepina*

Fuente: Elaboración propia

Se han encontrado concentraciones de este fármaco, en cuerpos de agua con mayor frecuencia (Herrera, 2019, p. 19). En china en el lago Taihu se dieron concentraciones de 0.78 ng/L (Checa et.al, 2021, p. 1619). En el Reino Unido cerca al río Medway se reportó de 53 a 265 ng/L (Zhou y Broodbank, 2014, p. 65). En argentina específicamente en el río Suquia tuvo una concentración de 33 ng/g Dw. De la misma manera, se presentó en Grecia, España, Francia, Italia y Corea (Llorca, 2016, p. 14). Posee una vida media de 18 a 55 horas (Peces et.al, 2010, p. 128). Afecta a los organismos acuáticos, de tal manera que altera su reproducción, sistema endocrino y fotosíntesis (Aranda, 2019, p. 34).

Este método parte de un principio natural como la fotosíntesis (Gamboa et.al, 2019, p. 20). Se define como un mecanismo o tratamiento de reacción fotoquímico (Godoy et.al, 2021, p. 359). Esto es porque, se emplea la energía natural o artificial sobre la superficie de un semiconductor, que representa el

papel de catalizador (Ahmad et.al, 2015, p. 600). Pero, se le considera a su vez un proceso electroquímico (Trinidad et.al, 2016, p. 35); pues estimula y desencadena reacciones de óxido – reducción (Long et.al, 2020, p.6).

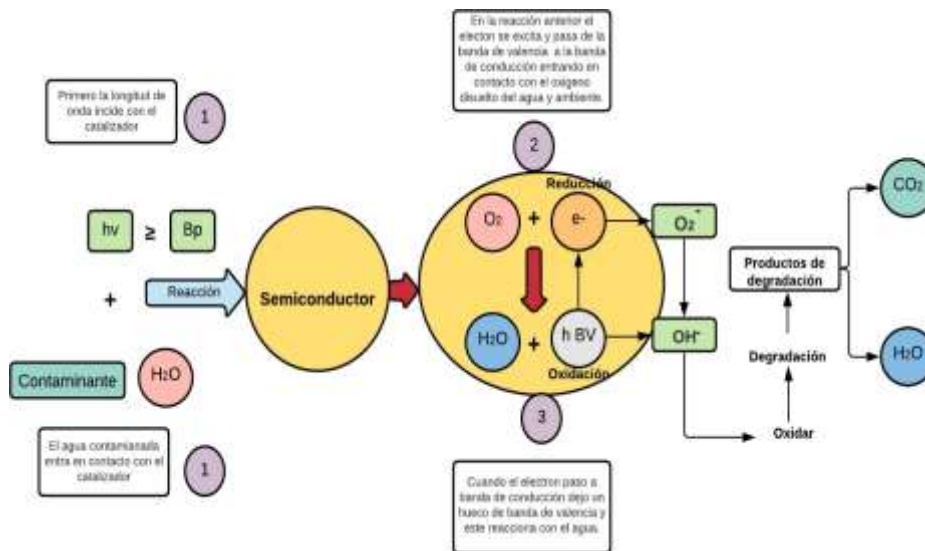


Fig. 03: Tecnología de la fotocatalisis heterogénea

Fuente: Elaboración propia

Esto funciona a partir de la transferencia de una carga, como resultado de la excitación de un $-e$ (Electrón) (Ruiz, 2018, p.5). Provocando un salto de la banda de valencia a la banda de conducción del catalizador (Durán, Avella y Zanella, 2015, p. 20). Para ello, la energía proporcionada al semiconductor debe ser mayor a la de su banda prohibida (Band Gab) (Yan et.al, 2013, p. 403). Esto produce un hueco en la banda de valencia que es crucial para la remoción (Toulkeridis y Echegaray, 2017, p.61); por la creación de radicales hidroxilos encargados de mineralizar los contaminantes (Largo y Jin, 2011, p. 258).

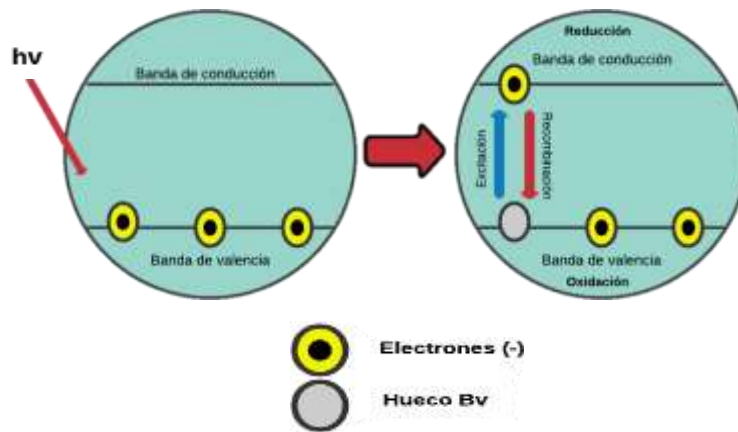


Fig. 04: Generación del hueco en la banda de valencia

Fuente: Elaboración propia

Existen dos tipos de fotocatalisis: fotocatalisis homogénea y fotocatalisis heterogénea (Mansoob, Farooq y Mayouf, 2015, p. 1). La fotocatalisis heterogénea es una tecnología avanzada de oxidación (Mendoza, 2019, p. 23). Basada en absorber la energía radiante; por un fotocatalizador heterogéneo de banda ancha. Se caracteriza por tener los reactivos en una fase diferente al catalizador (Pérez et.al, 2015, p. 115). Además, la excitación de los electrones en la banda de valencia promoviéndolos a la banda conducción del solido (Rodriguez, 2021, p. 2). En este proceso participa la reacción redox por el par electrón – hueco (Castro y Reyes, 2016, p.28); y desencadenar una serie de reacciones como oxidaciones, transferencia de hidrógeno, deshidrogenaciones, entre otros (Alami, 2018, p.16). El catalizador no sufre cambios dentro del proceso (Bo et.al, 2021, p. 5); el más utilizado es el dióxido de titanio (Amorós et.al, 2017, p. 1).

Por otro lado, la fotocatalisis homogénea es un proceso de oxidación avanzada (Dewil et.al, 2017, p. 53). Se basa en la absorción de fotones (Aquino, 2017, p. 32). Se destaca por poseer los reactivos en la misma fase (Calvo y Plazas, 2021, p. 2). Se considera un proceso eficiente para la degradación de compuestos recalcitrantes ya que, por otros métodos es imposible (Jaimes, 2020, p. 15). Tiene la debilidad de operar en sistemas ácidos; pues genera problemas en la eficiencia del tratamiento por la poca solubilidad de los iones (Huang et.al,

2018p.2). Los fotocatalizadores más comunes son Fenton y Ozono (Bayona, 2020, p. 11).

El proceso involucra diferentes parámetros que se controlan ya que, benefician ciertas reacciones (Elizalde, 2020, p. 9). Entre ellos están: la energía, pH, tiempo, tipo y masa del catalizador, temperatura (Garcés, Mejía y Santamaría, 2004, p. 87). Estos parámetros que se controlan influyen en la determinación y velocidad de reacción; y eficiencia de remoción del contaminante (Rosales et.al, 2019, p. 59).

Entre ellos se encuentra la energía que se rige por la longitud de onda, esta debe ser mayor 310 nanómetros (Zhu et.al, 2019, p. 2064); la fuente de energía, ya sea natural (Solar) o artificial (Ultravioleta) (Cabañas, Mota y Ruiz, 2019, p. 5). Esto es importante, pues autores indican que la radiación solar no es constante provocando una inestabilidad en la temperatura perjudicando las reacciones (Malato et.al, 2002, p. 215); dada esta condición se debe emplear espectro radiómetro o radiómetros de banda ancha (Ruiz, 2018, p. 6).

Por otro lado, algunos autores afirman que el pH es un factor esencial (Borgues et.al, 2015, p. 80). Esto es porque, la cinética es elevada en un pH que se encuentra debajo del punto isoeléctrico y se reduce en un pH por encima del punto isoeléctrico del catalizador (Bokhatem et.al, 2017, p. 5637). Es decir, un pH bajo, lejos del punto isoeléctrico consigue altas velocidades de remoción (Valencia, Marín y Restrepo, 2011, p.60). En el catalizador más común (dióxido de titanio) el pH óptimo es 6.5 (Khan et.al, 2015, p.8).

La concentración de oxígeno es necesaria, pues no hay foto - mineralización a menos que el O₂ esté presente. Esto para evitar una recombinación electrónica / hueco. Para ello, no es importante el tamaño del átomo ya que, solo se requiere unos pocos mg/L para evitar la recombinación (Malato et.al, 2016, p.4). Es

necesario mantener una concentración de oxígeno suficiente, de esa manera se aseguran las reacciones para la creación de radicales hidroxilos (Payá, 2020, p. 33).

El tiempo se considera un parámetro importante debido a que, de ello depende el desencadenamiento de las reacciones (Garcés, Mejía y Santamaría, 2004, p. 88); ya que del tiempo de contacto depende la degradación de contaminantes (Granda, Hincapié y Lopera, 2018, p. 193). Ha mayor tiempo de contacto hay una mayor eficiencia (Pirsaheb et.al, 2020, p. 11); el promedio es de 3.18 a 4.85 horas aproximadamente (Alegria y Rosales, 2017, p. 53).

Para el tipo de catalizador se debe de buscar fotocatalizadores de banda ancha (Macphee y Folli, 2016, p. 49). Esto porque, mediante irradiación de energía superior a su banda prohibida; genera la transición del electrón de su banda de valencia a su banda de conducción (Espinoza et.al, 2016, p. 9). Por otro lado, la masa correcta del catalizador y el tiempo son importantes para la eficiencia de la degradación; además, influye en la velocidad superficial de la reacción (Xu et.al, 2019, p.405).

Así mismo, la temperatura es esencial, pues un incremento o disminución de esta generaría una desventaja en la absorción de reactivos (Hernández, 2016, p.6). El parámetro de temperatura no tiene ningún efecto a la velocidad de las reacciones (Chavarría, 2016, p. 68).

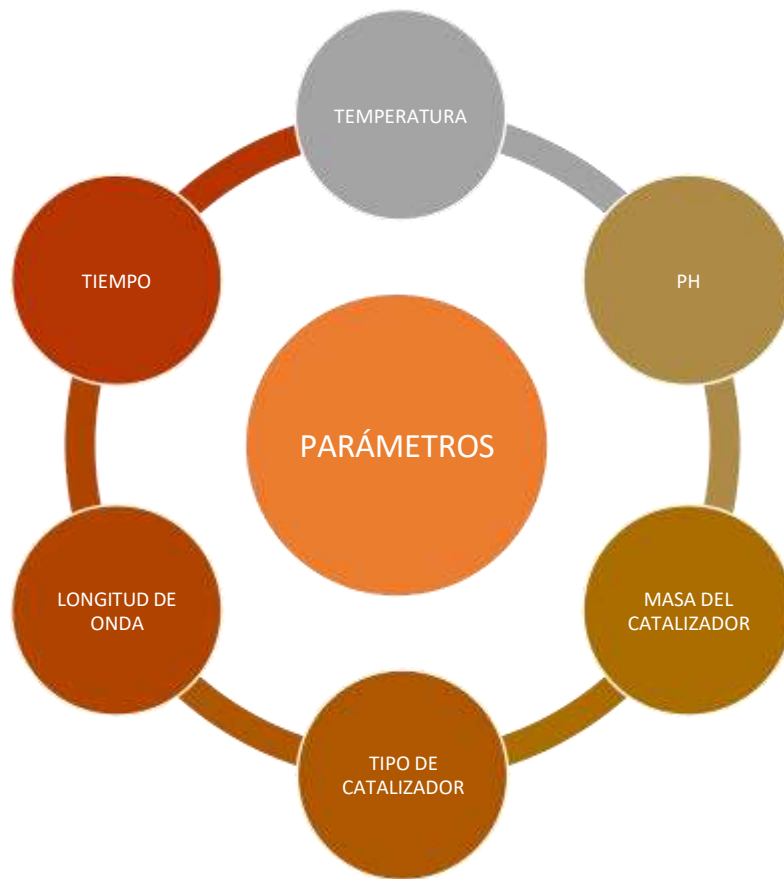


Figura 05. Parametros que influyen en la fotocatalisis heterogénea

Fuente: *Elaboración propia*

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación será básica debido a que pretende producir nuevos conocimientos siendo la curiosidad la motivación, es decir, teniendo como único objetivo la ampliación de un conocimiento de una realidad concreta (Nicomedes,2018, p.1).

Asimismo, el diseño de investigación será no experimental.

3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Ámbito temático	Objetivos Específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría
<p>La fotocatalisis heterogénea es una tecnología avanzada de oxidación (100). Basada en absorber la energía radiante; por un fotocatalizador heterogéneo de banda ancha. Se caracteriza por tener los reactivos en una fase diferente al catalizador (101). Además, la excitación de los electrones en la banda de valencia promoviéndolos a la banda conducción del sólido (102). En este proceso participa la reacción redox por el par electrón – hueco (103); y desencadenar una serie de reacciones como oxidaciones, transferencia de hidrógeno, deshidrogenaciones, entre otros (104). El catalizador no sufre cambios dentro del proceso (105); el más usado es el dióxido de titanio (106).</p>	<p>Analizar los parámetros que controlan la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales</p>	<p>¿Cuáles son los parámetros que controlan en la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales?</p>	<p>Parámetros que se controlan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Concentración de oxígeno • Tipo de Catalizador • Concentración inicial del contaminante <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Masa de catalizador <ul style="list-style-type: none"> • Energía
	<p>Comparar el grado de remoción del diclofenaco y carbamazepina aplicado en la fotocatalisis heterogénea</p>	<p>¿Cuál es la diferencia del grado de remoción del diclofenaco y carbamazepina aplicado en la fotocatalisis heterogénea?</p>	<p>Eficiencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de remoción
	<p>Identificar los catalizadores más usados durante la fotocatalisis heterogénea.</p>	<p>¿Cuáles son los catalizadores más usados durante la fotocatalisis heterogénea?</p>	<p>Tipos de catalizadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de titanio • Oxido de zinc

3.3 Escenario de estudio

Esta investigación no contará con un escenario de estudio específico, por lo que se trata de una investigación de revisión sistemática.

3.4 Participantes

La presente investigación tendrá como participantes a artículos originales de revistas que fueron encontradas en las bases de datos como: Sciencedirect y Scopus. Esto, ya que son los buscadores con una base de datos amplia sobre ciencia y tecnología, además poseer calidad en la información (Moncada, 2014, p. 113), (Martínez y Cué, 2012, p. 28), (Brocos, 2009, p. 176). Las cuales fueron empleadas para recaudar información que formará parte de nuestra investigación.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos será importante para esta investigación, pues tiene un enfoque cualitativo. Se realizará esta recolección de datos con el fin de analizarlos, comprenderlos y responder a nuestras interrogantes de investigación, además, de adquirir conocimientos. La técnica que se empleará es el análisis de la información, porque se centra en el contenido en un contexto específico diferente y produce información necesaria para la toma de decisiones (Dulzaides y Molina, 2004, p. 3).

Se realizará una ficha para la recolección de datos, la cual se encuentra en el Anexo 2; dentro de ella estarán incluidos autor, tipo de tratamiento, tipo de efluente, condiciones de operación, eficiencia de remoción, conclusiones.

3.6 Procedimiento

La búsqueda de información se inició por las palabras claves del tema a analizarlas cuales fueron: "*heterogeneous photocatalysis*" "*diclofenac*" "*carbamazepine*", a través de las bases de datos mencionadas anteriormente, escogiendo como primera opción la información en inglés.

En el gestor de búsqueda de Sciencedirect se pusieron los terminos "*heterogeneous photocatalysis*" "*diclofenac*" "*carbamazepine*", luego se definieron los años de antigüedad desde el 2016 al 2021, posterior a ello se seleccionó el filtro de "research articles" y el idioma inglés donde al limitar esos filtros se obtuvo como resultado 43 publicaciones académicas. Por otro lado, en el gestor de búsqueda de Scopus se tuvieron 32 documentos empleando los mismos terminos mencionados, con un periodo de años que va desde el 2015 al 2021, seleccionando el criterio de "article"; y priorizando el idioma inglés y portugués.

En cuanto a la base de datos de Scopus, se empleó la siguiente cadena de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ("*heterogeneous photocatalysis*" and *diclofenac* or *carbamazepine*) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2015)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE,"Portuguese"))

En la siguiente etapa se realizó la identificación de los documentos donde se pasó a retirar los documentos repetidos, esto a través de la lectura de los títulos,

autores y año de publicación del documento. Se descartarán 23 documentos por ser repetitivos.

En la tercera etapa se tenía para evaluar 57 artículos, de los cuales 31 fueron descartados por no estar enfocados en el tratamiento de aguas residuales y 4 porque no poseían ni carbamazepina o diclofenaco en la investigación. Esto se pudo detectar a raíz de la lectura del resumen y los resultados de los documentos. En la última etapa, donde están los incluidos se tuvo 17 documentos, que es la información seleccionada y que será plasmada en el presente trabajo de ser necesario.

A continuación, se mostrará la Figura 1, donde se encuentra el flujograma prisma de la obtención de la información.

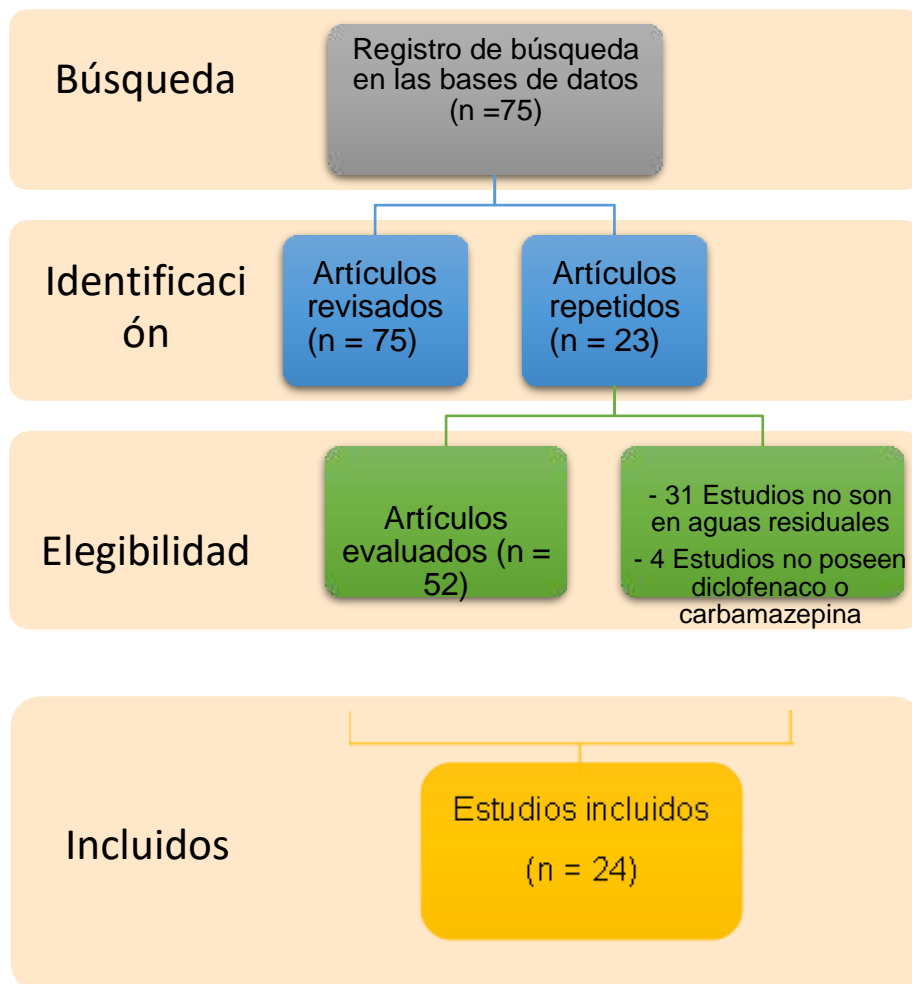


Figura 06: Flujograma prisma de la obtención de información

Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

Esta presente investigación es de carácter cualitativo y cuenta con rigor científico que contiene criterios que establecen su validez que son:

i. Credibilidad: Es cuando el investigador y las personas que fueron estudiadas generan resultados verdaderos para la investigación a través de conversaciones y observaciones. Es decir, es una validez, que hace que los resultados sean verdaderos (Varela y Vives, 2016, p. 192).

ii. Auditabilidad: Es cuando el investigador comprende y acompaña la ruta que se realizó en esta indagación (Revista semestral, 2019, p. 127), (Viorato y Reyes, 2019, p. 42)

3.8 Método de análisis de datos

Principalmente se desarrolló la recopilación de base de datos sobre la fotocatalisis heterogénea para la remoción de diclofenaco y carbamazepina, para luego ser analizadas mediante la ficha de recopilación y un cuadro Excel, los cuales nos ayudará con el cumplimiento de nuestros objetivos.

3.9 Aspectos éticos

El presente trabajo, se ha realizado con documentos verídicos, la información que se obtuvo fue puesta en el trabajo de investigación. Además, la investigación estará bajo la recepción de distintas sanciones u infracciones descritas en la Resolución de Consejo Universitario N° 0103-2018-UCV, Artículo 20, en el caso que se corrobore cualquier tipo de infracción se estará sometido a cargo del Tribunal de Honor de la Universidad. Asimismo, esta investigación cumple con citar a los distintos autores y sus investigaciones, según la Norma ISO 690.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Categoría 1: *Parámetros que se controlan*

La fotocatalisis heterogénea se conoce como método de oxidación avanzada en el cual intervienen diferentes parámetros que determinan el grado de remoción del contaminante (144); basada en absorber la energía radiante; por un fotocatalizador heterogéneo de banda ancha.

Los parámetros lo definimos como elementos que se miden de manera individual y son indicadores de cómo se desarrolla el proceso fotocatalítico (145); dentro de los cuales se considera el pH ya que, lejos del punto isoeléctrico consigue altas velocidades de remoción (122-125). Por otro lado, el tipo de catalizador debe ser de banda ancha esto porque, mediante irradiación de energía superior a su banda prohibida; genera la transición del electrón de su banda de valencia a su banda de conducción (128-130), la masa correcta del catalizador y el tiempo son importantes para la eficiencia; además, influye en la velocidad superficial de la reacción (131-132).

Por último, tenemos la temperatura que es esencial, pues un incremento o disminución de esta, generaría una desventaja en la absorción de reactivos (133-135). Sin embargo, se debe aclarar que el parámetro de temperatura no afecta la velocidad de las reacciones (136-138).

Tabla 01: Parámetros de la fotocátalisis heterogénea en la remoción de Diclofenaco

Parámetros Autores	pH	Tipo de fotocatalizador	Masa del fotocatalizador	Temperatura	Tiempo	Longitud de onda	Concentración del contaminante	Tipo de agua residual
Hernando, 2017	3	TiO2	54 mg/l	280 °C	32 horas	< 388 nm	2.4 mg/l	Aguas residuales urbanas
Castañeda, 2020		TiO2	100 mg/l	30 °C	½ a 1 hora		20 a 60 mg/l	Aguas residuales sintéticas
K. Kowalska et al., 2020	6.24	TiO2		30.9°C	4 horas		20 mg/l	Aguas residuales municipales
Villanueva et al., 2018	7	TiO2	1 400 mg/l	22°C	¼ de hora	270 -276 nm	5 mg/l	Aguas residuales municipales
Nan et al., 2020	7.5	TiO2		25.5 °C	1 hora	200 – 5000 nm	160.5 mg/l	Aguas residuales urbanas
García, 2015	7.5	TiO2	100 mg/l	25.5°C		200-400 nm	15 mg/l	Aguas residuales sintéticas
Acevedo, 2015	7	TiO2	50 mg/l	40 °C	4 horas	222 nm		Aguas residuales sintéticas
Pereira y Pizzolato, 2019	6.3	TiO2	0.5 mg/l	25 °C			10 mg/l	Aguas residuales Municipales
De la fuente, 2018		AuPd/TiO2 2:1 AuPd/TiO2 1:1 Au/TiO2 A	200 mg/l	32°C	5 horas	350 a 750 nm	20mg/l	Aguas residuales urbanas
Tamer, Said, Ewa y Hany, 2021		BA3	100mg/l	T° ambiente	½ hora	365 nm	10mg/l	Aguas residuales sintéticas
Moreira et al., 2019		gCNt				417 nm	60ml	Aguas residuales urbanas
Villanueva, Bello, Hernández y Ruiz, 2019	7	TiO2	2100 mg/l	22°C	3 horas	365 nm	200mg/l	Aguas residuales municipales
Castañeda et al., 2019	4	TiO2		30°C	½ a 1 hora	276 nm	10mg/l	Aguas residuales sintéticas
Gurung et al., 2019	5-7	P-25	400 mg/l	21°C	3 horas	285 - 276 nm	20mg/l	Aguas residuales urbanas
Imen et al., 2018	7	0,5%Ag 0,6%Mn TiO2	50 mg/l	T° ambiente		276 nm	10mg/l 15mg/l 20mg/l	Aguas residuales sintéticas

Tabla 02: Parámetros de la fotocatalisis heterogénea en la remoción de Carbamazepina

Parámetros Autores	pH	Tipo de fotocatalizador	Masa del fotocatalizador	Temperatura	Tiempo	Longitud de onda	Concentración del contaminante	Tipo de agua residual
Maniakova, 2019	7	N - TiO2	200 mg/l	27 °C	3 horas		200 mg/l	Aguas residuales urbanas
Santanu, 2015	7	TiO2		25 °C	¼ de hora	365 nm	10 mg/l	Aguas residuales sintéticas
Kowalska et al., 2020	7.44	TiO2		34.3°C	5 horas		20 mg/l	Aguas residuales municipales
Betel, 2021	7.78	TiO2	1000 mg/l	Ambiente	2 horas	365 nm	10mg/l	Aguas residuales sintéticas
Caregnatoa, 2021	8	CeZnO	1000 mg/l	25°C	3 horas	575 nm	15mg/l	Aguas residuales sintéticas
Wang, 2022		BiOX			0.083 hora		1 mg/	Aguas residuales sintéticas
Bo, 2019		ZnLn2S4	75mg/l	22 – 26°C	4 horas	400nm	100mg/l	Aguas residuales urbanas
Carabin, 2015	7	TiO2 – P90	1mg/l	20°C	1 ¼ hora	365 nm	10mg/l	Aguas residuales sintéticas
Monteoliva, Martin, Muñio y Poyatos, 2019	6.67	TiO2	1000mg/l	20°C	¼ de hora		59.83 mg/l	Aguas residuales sintéticas
Moreira et al., 2019		gCNT				417 nm	60ml	Aguas residuales urbanas
Gurung et al., 2019	5-7	Ag2 O	400 mg/l	21°C	3 horas	285-276 nm	20mg/l	Aguas residuales urbanas
Gimeno, 2016	7	TiO2	250mg/l			254 nm		Aguas residuales municipales

Discusión:

Se observó que veintidós de los veinticuatro autores analizados consideraron que la concentración inicial del contaminante es un dato importante a tomar en cuenta esto dado que, para determinar un grado de remoción preciso se debe tener presente la cantidad del contaminante, por otro lado, otro de los parámetros a considerar fue el pH, dieciocho de veinticuatro autores consideran este como un parámetro que controla la velocidad de remoción teniendo como el valor del pH más frecuente 7, de la misma manera se observa que el catalizador más usado fue el dióxido de titanio mencionado en dieciocho de veinticuatro investigaciones.

Por otro lado, solo dieciocho de veinticuatro autores consideraron como parámetro relevante la masa del catalizador, sin embargo, este al unirse con el pH, la temperatura y el tipo de fotocatalizador influye en el proceso de absorción y velocidad, asimismo, la masa del catalizador es uno de los parámetros que gobiernan la cinética en el proceso fotocatalítico. Basándonos en el tiempo dieciocho de veinticuatro autores consideraron estos como un parámetro fundamental ya que, del tiempo de contacto desencadena las reacciones, muchos autores consideran un tiempo de contacto mayor a 1 hora. La temperatura más empleada está entre el intervalo de 20°C a 30 °C teniendo a veintiuno de veinticuatro autores, donde los dos autores restantes emplearon una temperatura más alta para la remoción de estos fármacos, que podría generar una desventaja para la absorción de reactivos, la longitud de onda más usada es superior a 200 nm con veinte de veinticuatro estudios demostrándolo, sin embargo, una menor longitud de onda permite que los fotones sean absorbidos por el fotocatalizador con mayor potencia generando pares de electrón-hueco más próximos a la superficie evitando la recombinación.

Por último, el tipo de contaminante y la masa inicial que posee va a jugar un papel importante en el tiempo que desencadenará las reacciones que permitan la remoción de estos contaminantes, el parámetro de la concentración de oxígeno influye en la fase de mineralización pues este aporta en la degradación del carbono orgánico total, sin embargo, los autores no consideran este parámetro.

Categoría 2: Eficiencia

En la fotocatalisis heterogénea la eficiencia se basa en el grado de remoción del contaminante y se expresa en porcentaje.

Tabla 03: Eficiencia de la fotocatalisis para la remoción de diclofenaco

Autores	Contaminante	Grado de remoción	Análisis
Hernando, 2017	<i>Diclofenaco</i>	88,81 %	Este resultado salió a raíz de una temperatura excesiva que genera una desventaja en la absorción de reactivos, además de un pH que se encuentra muy por debajo del punto isoeléctrico.
Castañeda, 2020	<i>Diclofenaco</i>	97 %	El porcentaje que se obtuvo fue porque la temperatura estuvo dentro del rango óptimo.
K. Kowalska et al., 2020	<i>Diclofenaco</i>	100 %	El producto obtenido fue a partir de que el pH se encontraba por debajo del punto isoeléctrico y tenía un equilibrio, además de que la temperatura estaba dentro del rango óptimo.
Villanueva et al., 2018	<i>Diclofenaco</i>	66,02 %	El presente resultamos nos muestra que a una mayor dosis de fotocatalizador tendremos una mejor eficiencia, pero también aumenta la turbidez que complica la difusión de la luz ultravioleta.
Nan et al., 2020	<i>Diclofenaco</i>	91.6 %	En efecto con los resultados podemos mencionar que el pH se encuentra cercano al rango óptimo, además la temperatura si se encuentra en el rango perfecto, también al tener una menor longitud de onda los fotones son absorbidos por el catalizador con mayor fuerza.
García, 2015	<i>Diclofenaco</i>	27 %	Este producto obtenido puede ser debido a la mayor cantidad de longitud de onda ya que va de un rango y no una cantidad exacta.
Acevedo, 2015	<i>Diclofenaco</i>	93,28 %	Podemos mencionar con respecto a los resultados que la longitud de onda al ser menor los fotones se absorben mucho más rápido y con mayor fuerza, además que el pH se mantiene cerca al punto isoeléctrico donde existe una mayor absorción.
Pereira y Pizzolato, 2019	<i>Diclofenaco</i>	79,074 %	De acuerdo con el producto obtenido podemos mencionar que el pH utilizado si se encuentra por debajo del punto isoeléctrico, además que la temperatura también se encuentra dentro del rango adecuado.
De la Fuente, 2018	<i>Diclofenaco</i>	97.5	Podemos mencionar de acuerdo a este resultado que fue a raíz de que la temperatura estaba dentro del rango adecuado y la cantidad del fotocatalizador ya que a mayor concentración mayor eficacia, pero habrá una pequeña interrupción en la difusión de la luz ultravioleta.

Tamer, Sdir Ewa y Hany, 2021	<i>Diclofenaco</i>	25%	Este resultado obtenido se produjo a raíz de que usaron otro tipo de catalizador, además de que hubo una mayor disposición de la masa del catalizador eso dificulta mucho ya que ocasiona turbidez en el agua dificultando así la difusión de la luz ultravioleta.
Villanueva, Bello, Hernández y Ruiz, 2019	<i>Diclofenaco</i>	80%	Podemos indicar de acuerdo a estos resultados que la temperatura se encuentra en el rango estimado, además que el pH se encuentra muy cerca del punto isoeléctrico. También mencionar que la cantidad del catalizar es mayor nos ayuda con la eficiencia, pero nos dificulta en la difusión de la luz ultravioleta.
Castañeda et al., 2019	<i>Diclofenaco</i>	84.3%	Nos podemos referir de acuerdo al producto obtenido que salió a raíz de que el pH se encontraba debajo del punto isoeléctrico lo cual permite tener una mayor adsorción además de que la longitud de onda es menor ocasionando así que los fotones sean absorbidos con mayor fuerza.
Gurung et al., 2019	<i>Diclofenaco</i>	93.5%	Podemos indicar con respecto a este resultado que la longitud de onda tiene un rango adecuado ya que esto nos permite que los fotones se absorban con mayor fuerza además de que el pH se encuentra en el rango adecuado por debajo del punto isoeléctrico también de que la temperatura se encuentra en el rango adecuado.
Imen et al., 2018	<i>Diclofenaco</i>	86%	Este producto nos da a raíz de que la longitud de onda es menor y es muy buena por sus beneficios además de que su pH se encuentra bajo el punto isoeléctrico lo cual es bueno.

Tabla 04: Eficiencia de la fotocatalisis para la remoción de carbamazepina

Autores	Contaminante	Grado de remoción	Análisis
Maniakova, 2019	<i>Carbamazepina</i>	30%	Podemos indicar que estos resultados son a raíz de la longitud de onda ya que dentro del estudio no nos detalla a cuántos nanómetros está comprendida.
Santanu, 2015	<i>Carbamazepina</i>	99%	El producto obtenido es debido a que la temperatura se encuentra en el rango perfecto ya que a una temperatura mayor dificulta la absorción además de que el pH está cerca al punto isoeléctrico.
Kowalska et al., 2020	<i>Carbamazepina</i>	32 %	Respecto a estos resultados podemos mencionar que si bien es cierto la temperatura se encuentra dentro del rango perfecto pero el pH no sobrepasa el punto isoeléctrico además de que no nos mencionan la longitud de onda.
Betel, 2021	<i>Carbamazepina</i>	100%	Nos podemos referir a este producto de acuerdo con que la temperatura se encuentra en el rango perfecto indicándonos así una ventaja en la absorción además de que la masa del catalizar al ser mayor es eficiente, pero teniendo en cuenta que existe una pequeña desventaja en la difusión de luz ultravioleta.
Caregnatoa, 2021	<i>Carbamazepina</i>	53%	Este resultado salió a raíz de que la longitud de onda es mayor lo que ocasiona que se tengo eficiencia, pero al ser utilizada con mayor cantidad puede causar desventajas con respecto a su difusión de luz ultravioleta.
Bo, 2019	<i>Carbamazepina</i>	86%	De acuerdo con el producto obtenido podemos mencionar que es a raíz del tipo de catalizador que se utilizó además que la temperatura se encuentra dentro del rango favorable.
Carabin, 2015	<i>Carbamazepina</i>	69%	Este producto es debido a la cantidad de masa del catalizador empleado ya que es muy baja su cantidad además de que tiene una longitud de onda alta.
Gimeno et al., 2016	<i>Carbamazepina</i>	95%	El resultado mostrado se dio a raíz de que se tuvo una longitud de onda baja lo que ayuda a que los fotones sean absorbidos con mayor fuerza.
Gurung et al., 2019	<i>Carbamazepina</i>	89.10%	De acuerdo a lo obtenido podemos referirnos que ayudó mucho que la temperatura y el pH se encuentren dentro del rango perfecto, además de que la longitud de onda en baja lo que permite la absorción de los fotones.

Discusión:

Se puede observar en las tablas anteriores que de los veintitrés autores quince sobrepasan el 80% en grado de remoción, si nos centramos por contaminante, el diclofenaco tiene de los catorce autores diez que poseen un grado de remoción mayor a la 80% esto dado que algunos autores no tomaron en cuenta algunos parámetros lo que ocasionó una deficiencia en la degradación del fármaco. Por otro lado, la carbamazepina de los nueve autores solo cinco pasan del 80% esto porque los autores obvian la importancia de los parámetros estudiados.

Se podría decir que el parámetro que más ha sido obviado por los autores y que repercutido en los resultados obtenidos es la longitud de onda seguida de la temperatura, cada uno presenta una importancia para la remoción de fármacos empleando el método fotocatalítico esto debido que una menor longitud de onda permite que los fotones sean absorbidos por el fotocatalizador con mayor potencia generando pares de electrón-hueco más próximos a la superficie evitando la recombinación, además, las temperaturas altas podrían generar una desventaja para la absorción de reactivos.

Según lo expuesto con anterioridad, de los ocho autores que resultaron con un grado de remoción por debajo del 80%, cinco de ellos no tomaron en cuenta la longitud de onda o tuvieron una longitud de onda demasiado alta provocando una deficiencia en la absorción de reactivos, además, de ello también está involucrado la masa del fotocatalizador dado que una cantidad excesiva de fotocatalizador genera turbidez en el agua dificultando así la difusión de la luz ultravioleta.

Categoría 3: Tipos de fotocatalizadores

Los fotocatalizadores son definidos así por ser catalizadores con sensibilidad a la luz empleados para los procesos de oxidación avanzada, esto permite que se eliminen las moléculas orgánicas y contaminantes (146). Por otro lado, tiene por ventaja el ser fácilmente recuperables y regenerables (147).

Tabla 05: Características del Dióxido de Titanio

Autores	Tipo de fotocatalizador	Características
Hernando, 2017	TiO2	Últimamente ha sido muy empleado en la fotocatalisis además de que se muestra en dos fases anatasa y rutilo la cual su energía fotónica son diferentes.
Castañeda, 2020	TiO2	Este fotocatalizador tiene mucha abundancia, es de un costo bajo y su toxicidad es parcialmente pequeño.
Kowalska et al., 2020	TiO2	Se caracteriza por contener una banda prohibida de 3.2eV que se dispersa de banda de valencia a banda de conducción.
Villanueva et al., 2018	TiO2	Es un material cerámico que tiene una estructura cristalina, es porosa y tiene una estabilidad térmica.
Nan et al., 2020	TiO2	Tienes buenas propiedades biológicas, una mayor eficiencia, inercia química, no es tóxica y tiene un bajo costo.
García, 2015	TiO2	Su superficie es ácida – base y tiene propiedades electrónicas.
Acevedo, 2015	TiO2	Es altamente fotoactivo, químicamente inerte y se encuentra disponible en distintas formas cristalinas.
Santanu, 2015	TiO2	Es un semiconductor de banda ancha que promueve pares hueco-electrón capaz de realizar cambios en la estructura química del contaminante.
K. Kowalska et al., 2019	TiO2	Tiene varias ventajas entre ellas es que tiene una alta estabilidad y tiene una eficacia en la remoción no selectiva de contaminantes.
Moreira et al., 2019	(gCNT)	Es un fotocatalizador semiconductor de polímero no metálico, tiene una mejor estabilidad química, térmica y sus propiedades son ópticas. Además, tiene un bajo costo.
De la fuente, 2018	AuPd/ TiO2 2:1	Dopado con nanopartículas de metales de transición Au (oro) y Pd (Paladio), El éxito de estos dopajes radica en su influencia en la energía de intervalo de banda del TiO2 para aprovechar mejor el espectro de la luz visible, y por tanto, se produce un aumento de actividad debido a que se atrapa o retrasa la recombinación del par electrón-hueco, el dopaje de la superficie del TiO2 con nanopartículas metálicas con la finalidad de atrapar los electrones promovidos de la banda de valencia a la banda de conducción del TiO2, evitando de este modo su recombinación con los huecos de la banda de valencia, Con esto se consigue

		una mayor eficiencia del proceso fotocatalítico. Si, además, estas nanopartículas metálicas tienen una banda plasmónica en el visible, es incluso posible un mejor aprovechamiento de la luz solar.
Wang et al., 2022	BiOX	Es un fotocatalizador con alta actividad fotocatalítica bajo radiación ultravioleta o visible, esto se puede evidenciar en su estructura cristalina y a las correspondientes propiedades electrónicas y ópticas.
Longli, Heng y Haixia, 2019	ZnIn ₂ S ₄ /TiO ₂	Es un fotocatalizador que mejora la separación de los portadores fotogenerados y la tasa de transferencia de electrones (ET), que son respaldados por los experimentos de espectro de fotoluminiscencia (PL) y respuesta de fotocorriente.
Hernando, 2017	CeZnO	Este es un catalizador modificado con cerio ya que tiene un enorme potencial para superar las limitaciones de la luz visible, absorción de luz y alta recombinación de carga fotogenerada, dentro de este fotocatalizador el cerio es el más abundante de los elementos tierra, ya que se puede ajustar la estructura de banda de ZnO y promover la separación de los portadores de huecos de electrones fotogenerados.
Gurung et al, 2019	Ag ₂ O/P-25	Es un fotocatalizador que degrada contaminantes orgánicos bajo irradiación de luz visible que cuenta con una banda prohibida estrecha 1,2 eV.
Castañeda et al, 2019	TiO ₂	Es un fotocatalizador que fotoexcita los electrones a la banda de conducción, dejando un hueco y creando así pares de electrón hueco capaces de desencadenar una reacción fotoredox, además de que es el más utilizado, tiene un costo y toxicidad baja.
Pereira y Mara, 219	TiO ₂	Este fotocatalizador es el más usado de todos debido a su mayor eficiencia en la degradación de contaminantes y también por ser de un costo bajo para su utilidad.
Monteoliva, Pascua	TiO ₂	Este catalizador es el más común debido a su fotoactividad favorable, estabilidad química y características que hacen aptas para su aplicación en la fotocatalisis.
Carabin, Drogui y Robert, 2015	TiO ₂ -P90	Este fotocatalizador está compuesto de 90% de anatasa y 10% de rutilo.
Villanueva et al., 2019	TiO ₂	Este es un semiconductor que tiene la función de catalizador, ya que aumenta la velocidad de reacción sin tener alguna alteración al equilibrio, se activa con luz ultravioleta y produce radicales los cuales son aquellos que oxidan la materia orgánica del contaminante.
Gimeno et al., 2016	TiO ₂	Este semiconductor es muy prometedor ya que usa costos mínimos de entrada de energía a causa de que tiene una estabilidad química, toxicidad baja y un costo menos.
Chukwuka et al., 2021	TiO ₂ -CuWO ₄	Este catalizador es dopado con CuWO ₄ ya que cuenta con una banda prohibida de ~2,2 eV, además contiene una fuerza impulsadora más rápida y eficaz para la eliminación debido que su potencial borde de la banda de conducción es más positivo mejorando así el rendimiento del TiO ₂ .

Discusión

Sí bien es cierto el dióxido de titanio es el fotocatalizador más empleado para este tipo de tratamiento fotocatalítico existen diversas combinaciones como el dopaje con nanopartículas de metales en transición que permiten que tenga un mejor desempeño en cuanto a la eliminación de contaminantes esto radica en su influencia de la energía de intervalo de bandas que produce un aumento de la actividad debido a que atrapa o retrasa la recombinación. En la tabla anterior se pueden observar diferentes fotocatalizadores que han sido empleados por los distintos autores sin embargo, los que han tenido un mayor grado de efectividad son los catalizadores que han sido dopados, esto sin dejar de lado que los distintos fotocatalizadores tienen ciertas ventajas como una mejor estabilidad química y térmica como lo es en el caso de gCNT, otras que mejoren la separación de los portadores foto generados y la tasa de transferencia de electrones como es el $ZnIn_2S_4/TiO_2$, y otros que permiten degradar contaminantes orgánicos necesitando una baja radiación de luz esto dado a que su banda prohibida es menor. Sin embargo, luego de analizar y comparar los resultados obtenidos por los autores se llega a la conclusión que el dióxido de titanio agregado a un dopaje de nanopartículas de metales en transición permite tener una mejor efectividad en eliminación de estos contaminantes.

V. CONCLUSIONES

1. Se ha realizado la identificación y análisis de los parámetros que controlan la fotocatalisis heterogénea identificando que tanto la temperatura como el pH y el tiempo son los que más se destacan debido a que una variación que no esté dentro del rango óptimo provocaría una disminución en la efectividad de la remoción de este tipo de contaminantes como son el diclofenaco y la carbamazepina. Por otro lado, cabe resaltar que la mayor cantidad de investigaciones fueron practicadas en aguas residuales urbanas, municipales y sintéticas, es por ello que este método fotocatalítico puede ser aplicado en nuestro país dado que las aguas residuales urbanas y municipales son las que más se encuentran influenciadas por este tipo de fármacos, en nuestro país los contaminantes emergentes no son objeto de investigación esto debido a la complejidad de su naturaleza y comportamiento impredecible, sin embargo, debido al incremento del uso de fármacos se están tomando en cuenta, esto se puede evidenciar en las investigaciones que se están realizando en las universidades como por ejemplo, se ha creado un prototipo por parte de una universidad nacional de ingeniería para la detección de estos contaminantes en las aguas o siendo objeto de investigación para su remoción a través de diversos métodos.
2. Se realizó el análisis de los parámetros que controlan la fotocatalisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales teniendo en cuenta como influyen estos en el tratamiento fotocatalítico y en el grado de remoción de los contaminantes. Teniendo como resultado que la temperatura, el pH, el tiempo y la longitud de onda son importantes para determinar el grado de eficiencia esto

debido a qué deben estar dentro de un rango óptimo para garantizar la remoción de estos contaminantes.

3. Al realizar el análisis se evidencio que con este tratamiento de oxidación avanzada se tiene una mayor eficiencia en la remoción de diclofenaco esto debido que, para la carbamazepina no se ha tenido en cuenta los parámetros más importantes como el pH, temperatura, longitud de onda, entre otros. Cabe resaltar qué algunos autores no emplearon el fotocatalizador dióxido de titanio, sino qué optaron por un fotocatalizador distinto qué puede brindar estabilidad térmica y química, sin embargo, esto no significa qué puede generar una mayor efectividad.
4. Dentro de los fotocatalizadores más usado se encuentra el dióxido de titanio esto debido a que posee una mejor estabilidad sin contar con el aspecto económico que lo coloca como primera opción para el uso en el tratamiento, además se puede reutilizar luego de haber sido empleado con anterioridad. Sin embargo, cabe resaltar que este fotocatalizador tiene una mejor efectividad al ser dopado con nanopartículas de metales en transición esto debido que evita la recombinación de los pares electrón - hueco.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para futuros casos tener en cuenta los parámetros de temperatura, longitud de onda, PH y tipo de fotocatalizador esto con el fin de aumentar la eficiencia de la fotocatálisis heterogénea en la remoción de diclofenaco en aguas residuales.
2. Se recomienda utilizar como fotocatalizador el dióxido de titanio dopado con nanopartículas de metales en transición esto con el fin de promover la efectividad y generar una mejor estabilidad durante el método fotocatalítico.
3. Se debe tener en cuenta que este método fotocatalítico sí empleados en aguas residuales urbanas, municipales y sintéticas lo que indica que puede ser aplicado en nuestro país, además, es importante generar nuevas investigaciones con respecto a la fotocatálisis heterogénea para el tratamiento de aguas residuales.
4. Se recomienda que para tener un mejor grado de eficiencia en este tipo de tratamiento de oxidación avanzada es importante tener en cuenta la concentración de oxígeno ya que, es importante para la creación de los radicales encargados de la degradación de los contaminantes en este caso del diclofenaco y la carbamazepina.

REFERENCIAS

A BIBLIOMETRIC analysis of global research progress on pharmaceutical wastewater treatment during 1994–2013 por Feng Qian [et al]. *Environ Earth Sei* [en línea]. Febrero 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-015-4183-3> ISSN: 4995-5005

A proteomic evaluation of the effects of the pharmaceuticals diclofenac and gemfibrozil on marine mussels (*Mytilus* spp.): evidence for chronic sublethal effects on stress-response proteins por Schmidt [et al] *Drug testing and analysis* [en línea]. Vol.6, N°3, 14 de febrero de 2013 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/dta.1463>

ABRAHAM, Elena, QUINTANA, Rubén y MATALONI, Gabriela. Agua + Humedales [en línea]. 1ª ed. San Martín: UNSAM EDITA, 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.funintec.org.ar/contenidos/aguahumedales-es-el-primer-libro-de-la-serie-futuros/> ISBN: 978-987-4027-68-9

Actuaciones frente a la distribución inversa de medicamentos: la cooperación es la clave [en línea]. España: Revista española de salud pública, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/resp/2015.v89n5/427-430/>

Advanced biological activated carbon filter for removing pharmaceutically active compounds from treated wastewater por Sbardella [et al]. *Science of the total environment* [en línea]. Vol.636, 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718313913>

AGUILA, Javier. Desarrollo y validación del método analítico cuantitativo de carbamazepina y de su metabolito 10, 11 – epoxicarbamazepina en plasma.

Tesis (Maestría en ciencias farmacéuticas). Ciudad de México: Universidad autónoma metropolitana, Departamento de sistemas biológicos, 2016. 90 pp.

AGUILERA, Osvaldo, GONZÁLEZ, Dámaris y AGUILERA, Dana. Aspectos históricos y sociales de las epilepsias. *Panorama cuba y salud* [en línea]. Vol.13 N°2, mayo-agosto 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/article/view/787>

AKERMAN, Galit y ROJAS, Keilor. Fungi for the bioremediation of pharmaceutical-derived pollutants: A bioengineering approach to water treatment. *Environmental advances* [en línea]. Vol.4, julio 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721000429> ISSN: 2666-7657

ALAMI, Wiam. Degradation and elimination of some pollutants, pesticides, dyes from wáter photocatalytically. Tesis (Doctor en ingeniería química). Las palmasde la gran Canaria: Universidad de las Palmas de la Gran Canaria, 2018. 262 pp.

ALEGRE, Yessira y ROSALES, Shessira. Influencia del tipo de fotocátalisis y tiempo en el tratamiento de aguas residuales textiles. Tesis (Título de ingeniero químico del gas natural y energía). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. 94 pp.

Altering Hydrogenation Pathways in Photocatalytic Nitrogen Fixation by Tuning Local Electronic Structure of Oxygen Vacancy with Dopant por Bo [et al]. *A journal of the german chemical society* [en línea]. Vol.60, N°29, 7 de mayo 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.202104001>

AQUINO, Armando. Tratamiento de aguas residuales de la industria textil artesanal por fotocátalisis homogénea y heterogénea. Tesis (Maestro scientiae

en ingeniería ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de ingeniería química, 2017. 128 pp.

ARANDA, Vanessa. toxicidad de los fármacos simvastatina y carbamazepina asociados a microplásticos en adultos de artemia salina. Tesis (Maestría en gestión integral del agua). Puerto real: Universidad de Cádiz, Facultad de ciencias del mar y ambientales, 2019. 60 pp.

Au/La₂Ti₂O₇ Nanostructures Sensitized with Black Phosphorus for Plasmon-Enhanced Photocatalytic Hydrogen Production in Visible and Near-Infrared Light por Zhu [et al]. *A journal of the german chemical society* [en línea]. Vol.56, N°8, 13 de enero de 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/anie.201612315>

Balancing the health benefits and environmental risks of pharmaceuticals: Diclofenac as an example por Acuña [et al]. *Environment International* [en línea]. Vol.85, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412015300635>

ISSN:0160-4120

Band structure design of semiconductors for enhanced photocatalytic activity: The case of TiO₂ por Yan [et al]. *Progress in natural science: materials international* [en línea]. Vol.23, N°4, agosto 2013 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002007113001020> ISSN: 1002-0071

BATLOUNI, Michel. Antiinflamatorios No Esteroides: Efectos Cardiovasculares, Cerebrovasculares y Renales. *Arquivos brasileiros de cardiologia* [en línea]. Vol.94, N°4, 2010 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/abc/a/tF6ntrTM9pyt8r9Tmvtgfm/abstract/?lang=es>

BAYONA, Heber. Análisis de procesos de oxidación avanzada por fotocatalisis y revisión de literatura de pgv. Tesis (Título de ingeniería civil). Bogotá: Universidad cooperativa de Colombia, facultad de ingeniería civil, 2020. 21 pp.

BROCOS, José. Fuentes de información y bases de datos para investigación en ciencia y tecnología. Estudio, análisis y búsqueda. Teoría de la educación. *Educación y cultura en la sociedad de la información* [en línea]. Vol.10, N°2, julio de 2009 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2010/201017352011.pdf> ISSN: 1138-9737

CABAÑAS, Dulce, MOTA, Valeria y RUIZ, Juan. Luz solar y TIO₂ para eliminar patógenos contenidos en agua de pozo: comportamiento de la fotocatalisis. *Ingeniería revista académica* [en línea]. Vol.23, N°1, 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/467/46760427001/46760427001.pdf> ISSN: 2448-8364

CALVO, Juan y PLAZAS, Jaime. Remoción de 10 mg/L de nitrato disuelto por fotocatalisis con nanopartículas de TiO₂. Tesis (Trabajo de grado). Bogotá: Universidad de los Andes, facultad de ingeniería, 2021. 8 pp.

Carbamazepina y trastornos de la conducción cardíaca: Serie de casos por Pérez [et al]. *Revista de enfermedades cardiovasculares* [en línea]. Vol. 13, N°4, octubre-diciembre 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/661> ISSN: 2078-7170

Carbamazepina. MedlinePlus, 2020. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/meds/a682237-es.html>

Carbamazepina. Salud y medicina. 2020. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_hbqige/product_Sourcing-Carbamazepine-298-46-4-Supplier-From-China_oyngnesrg.html

CASTRO, Giovanni y REYES, Julia. Nanocristales para degradación de un colorante contaminante. *Revista colombiana de química* [en línea]. Vol.45, N°1, 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/58567>

Catalytic degradation of sulfamethoxazole through peroxymonosulfate activated with expanded graphite loaded CoFe₂O₄ particles por Xu [et al]. *Chemical engineering journal* [en línea]. Vol.369, 1 de agosto de 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719305418>
ISSN: 1385-8947

CAVIEDES, Diego y DELGADO, Daniel. Regulación ambiental sobre los productos farmacéuticos residuales en ambientes acuáticos. *Entornos* [en línea]. Vol.28, N°1, junio de 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6937086>

CHAVARRÍA, Jhayro. Evaluación de la durabilidad de los elementos fotocatalíticos micro/nano-estructurados sobre superficies de mortero. *Escola de camins* [en línea]. Junio de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/98140>

CHUPITAZ, Víctor, CAPILLO, Carlos y CHÁVEZ, Lesly. Efecto antiinflamatorio de la asociación dexametasona con ketorolaco o diclofenaco en cirugía de tercer molar. *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial* [en línea]. Vol.42, N°3, Julio-septiembre 2020. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible

en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-05582020000300004 ISSN: 1130-0558

Contaminantes emergentes: Amenaza para la seguridad alimentaria en México por Canchola [et al]. *Revista RD* [en línea]. Vol.7, N°20, 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/610> ISSN: 2448-5829

COORDINATION chemistry in the design of heterogeneous photocatalysts por Gao [et al]. *Royal society of chemistry* [en línea]. N° 10, 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/cs/c6cs00727a#!divAbstract>

CORREIA, Angelina y MARCANO, Lily. Presencia y eliminación de compuestos farmacéuticos en plantas de tratamientos de aguas residuales. Revisión a nivel mundial y perspectiva nacional. [en línea]. Vol.55, N° 1, julio 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482015000100001 ISSN: 1690-4648

DAZA, Alcides, SERNA, Ciro y CARABALÍ, Alexis. *El Recurso Agua en las Comunidades Indígenas Wayuu de La Guajira Colombiana. Parte 2: Estudio Cualitativo de las Condiciones de Higiene, Aseo y Disponibilidad de Agua* [en línea]. Vol. 29, no.6, diciembre, 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000600025&script=sci_arttext ISSN: 0718-0764

Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: The pilot plants of the Plataforma solar de Almeria por Malato [et al]. *Materials science in semiconductor processing* [en línea]. Vol.42, febrero de 2016 [fecha de

consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369800115300536>
ISSN: 1369-8001

Diclofenac and its transformation products: Environmental occurrence and toxicity - A review por Lonappan [et al]. *Environment international* [en línea]. Vol. 96, noviembre 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016304159> ISSN:
0160-4120

Diclofenac degradation using mont-La (6%)-Cu_{0.6}Cd_{0.4}S as photocatalyst under NUV–Vis irradiation. Operational parameters, kinetics and mechanism por [et al]. *Journal of environmental chemical engineering* [en línea]. Vol.5, N°6, diciembre de 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/321429974_Diclofenac_degradation_using_mont-La_6-Cu06Cd04S_as_photocatalyst_under_NUV-Vis_irradiation_Operational_parameters_kinetics_and_mechanism ISSN:
2213-3437

Diclofenac in the marine environment: A review of its occurrence and effects por Bonnefille [et al]. *Marine pollution bulletin* [en línea]. Vol. 131, junio de 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18302844>
ISSN: 0025-326X

Diclofenac in the marine environment: A review of its occurrence and effects por Bonnefille [et al]. *Marine pollution bulletin* [en línea]. Vol. 131, junio de 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18302844>
ISSN: 0025-326X

Diclofenac sodium ophthalmic solution [en línea]. Quebec: Pharma stulln inc, 19 de junio de 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://pdf.hres.ca/dpd_pm/00046020.PDF

Diclofenaco potásico 50 mg comprimidos. Accord. 2021. Disponible en: <https://www.medicines.org.uk/emc/product/4515/smpc#OVERDOSE>

Diseño de un convertidor catalítico de baja temperatura para obtener metano sustentable a partir del CO₂ producido durante el funcionamiento de un motor de combustión interna por Gamboa [et al]. *Revista tecnología digital* [en línea]. Vol.9, N°1, 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.revistatecnologiadigital.com/pdf/09_01_003_diseño_convertidor_catalítico_baja_temperatura_metano_sustentable.pdf ISSN: 2007-9400

Disminución de ácido fólico y alteraciones cognitivas en pacientes con epilepsia tratados con fenitoína o carbamazepina, estudio piloto por Hernández [et al] *Revista de investigación clínica* [en línea]. Vol.57, N°4, julio-agosto 2005 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0034-83762005000400005&script=sci_arttext ISSN: 0034-8376

Dissolution and homogeneous photocatalysis of polymeric carbon nitride por Huang [et.al]. *Royal society of chemistry* [en línea]. Vol.9, 2 de octubre de 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2018/sc/c8sc03855d>

DULZAIDES, María y MOLINA, Ana. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *Acimed* [en línea]. Vol.12, N°2, marzo-abril de 2004 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011 ISSN: 1024-9435

DURÁN, Juan, Avella, Edwin y ZANELLA, Rodolfo. Descontaminación de agua utilizando nanomateriales y procesos fotocatalíticos. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología* [en línea]. Vol.8, N°14, enero-junio de 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-56912015000100017&lng=es&nrm=iso&tlng=es ISSN: 2007-5979

Efecto de la variación en la composición de óxidos de aluminio-cerio-zirconio, sobre la fotodegradación de tolueno en agua por Pérez Yan [et al]. *Revista latinoamericana el ambiente y las ciencias* [en línea]. Vol.6, N°14, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: [http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/45/2/6\(14\)-8.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/45/2/6(14)-8.pdf)

Efectos de los estrógenos como contaminantes emergentes en la salud y el ambiente por Ramírez [et al]. *Tecnología y ciencias del agua* [en línea]. Vol.6, N°5, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222015000500003&script=sci_abstract&tlng=pt ISSN: 2007-2422

El diclofenaco en especies salvajes: Situación actual [en línea]. Badajoz: Universidad de Extremadura, 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dehesa.unex.es/handle/10662/4430>

El mercado farmacéutico en China [en línea]. España: Oficina económica y comercial de la embajada de España, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bitacorafarmacéutica.files.wordpress.com/2016/04/estudio-mercado-china-2015.pdf>

ELIZALDE, Jahaira. Oxidación fotocatalítica para la remoción del ión cianuro en aguas residuales minero-metalúrgicas. Tesis (Titulación en ingeniería química). Machala: Universidad técnica de Machala, facultad de ciencias químicas y de la salud, 2020, 53 pp.

EMERGING pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation por Maria Gavrilescu [et al]. Revista new biotechnology [en línea]. Vol. 32, N° 1, enero 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871678414000028>
ISSN: 1871-6784

Evaluación de la capacidad de reacción de coliformes de aguas residuales a la fotocátalisis con técnicas de recubrimiento por inmersión por Godoy [et al]. *Alpha publicaciones* [en línea]. Vol.3, N°3, agosto de 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/102>
ISSN: 2773-7330

Farmacia verde: alternativa de vida con mirada al mundo de tecnologías limpias para nuestro ecosistema por Mackllff [et al]. *Revista ciencia unemi* [en línea]. Vol.13, N°34, 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/941> ISSN: 2528-7737

GARCÉS, Luis, MEJÍA, Edwin y SANTAMARÍA, Jorge. Revista lasallista de investigación [en línea]. Vol.1, N°1, 2004 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/195>

GARCÉS, Luis, MEJÍA, Edwin y SANTAMARÍA, Jorge. *Revista lasallista de investigación* [en línea]. Vol.1, N°1, 2004 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/195>

GIERBOLINI, Jaime, GIARRATANO, Melissa y BENBADIS, Selim. Carbamazepine-related antiepileptic drugs for the treatment of epilepsy - a comparative review. *Expert opinion on pharmacotherapy* [en línea]. Vol.17, N°7, marzo 2016. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1517/14656566.2016.1168399> ISSN: 1744-7666

GIRALDO, Valentina. Explorando oportunidades de negocios en Perú. Pereira: Universidad Católica de Pereira, 2014. 155 pp.

GONZÁLEZ Casamachin, Diego. Diseño, síntesis y aplicación de catalizadores no convencionales para la transformación de moléculas de biomasa en productos de biorrefinería. Tesis (Doctor en Ciencias con orientación en procesos sustentables). Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2021. 142pp.

GRANDA, Carlos, HINCAPIÉ, Gina y LOPERA, Stephanía. Tratamiento de residuos de laboratorio vía fotocatalisis heterogénea con TiO₂. *Tecnológicas* [en línea]. Vol.21, N°41, enero-abril 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7833403> ISSN: 2256-5337

Hacia un derecho humano fundamental al agua el derecho internacional [en línea]. España: Cejamericas, 2008 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.cejamericas.org/handle/2015/1122>

HARO, Alma, ARIAS, Héctor y TADDEI, Isabel. *El valor de los servicios ambientales en la cuenca baja del río Mayo* [en línea]. Vol. 27, no.63, Mayo –

agosto, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252015000200002 ISSN:1870-3925

HERNANDEZ, Sabrina. Estudio teórico-experimental de la adsorción y reducción catalítica de SO₂ sobre CR₂O₃/AL₂O₃ en presencia de CH₄ y O₂ a altas temperaturas. Tesis (Doctorado en química). La Plata: Universidad Nacional de la Plata, facultad de ciencias exactas, 2016. 229 pp.

HERRERA, Marcela. Desarrollo y validación de un sistema de resonancia de plasmón superficial para detección de contaminantes emergentes. Tesis (Maestría en ciencias de la ingeniería). Monterrey: Tecnológico de Monterrey, escuela de ingeniería y ciencias, 2019. 67 pp.

HERRERO, Sara. La Farmacología del Cuidado: Una aproximación deductiva cuidadosológica desde el paradigma de la salud y el modelo de Avedis Donabedian. *Revista de enfermería* [en línea]. Vol. 13, N°4, 1 de junio de 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2019000400007

Historical development and prospects of photocatalysts for pollutant removal in water por Long [et al]. *Journal of hazardous materials* [en línea]. Vol. 395, 5 de agosto de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420305884>
ISSN: 0304-3894

Hydrogen from photo-catalytic water splitting process: A review por Ahmad [et al]. *Renewable and sustainable energy reviews* [en línea]. Vol.43, marzo de 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114009265>

ISSN: 1364-0321

Importación de productos farmacéuticos creció por segundo año. *Comercio exterior* [en línea]. Lima: La cámara, 4 de febrero de 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r864_3/comercio%20exterior.pdf

Innovation for Good health [en línea]. China: Global business reports, 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.gbreports.com/files/pdf/2018/China_Pharmaceuticals_2018_Web_Preview.pdf

Introducción y desarrollo de las propiedades ópticas de los materiales por Espinoza [et al]. *Revista tendencias en docencia e investigación en química* [en línea]. Vol.2, N°2, 5 de agosto de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/8531>

Iqfarma. Diclofenaco 50 mg 100 tabletas iqfarma [en línea]. Cornershop 2022. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://cornershopapp.com/es-pe/products/27acf-iqfarma-diclofenaco-50-mg-1-tableta> ISSN: 0124-7905

JAIMES, Juliana y VERA, Javier. Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador técnico* [en línea]. Vol.84, N°2, julio-diciembre 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7590764> ISSN: 2256-5035

JAIMES, Leidy. Presencia de contaminantes emergentes en fuentes hídricas y tratamientos potenciales para su eliminación. *Repositorio documental UMNG* [en línea]. Mayo de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/344703587.pdf>

JULIAN, Claudia y MAGRINI, Juan. *Cosmetic Ingredients as Emerging Pollutants of Environmental and Health Concern. A Mini-Review* [en línea]. Vol. 4, no.2, marzo, 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9284/4/2/11/htm> ISSN: 2079-9284

La concentración de fármacos en el agua ya causa efectos ecológicos dañinos a nivel mundial [en línea]. *Iagua*. 25 de febrero de 2019. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/ep/concentracion-farmacos-agua-ya-causa-efectos-ecologicos-daninos-nivel-mundial>

La farmacia actual: entre los medicamentos y los suplementos. La farmacia actual [en línea]. 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5096670> ISSN: 0213-7283

La industria farmacéutica: impacto sanitario, social y económico [en línea]. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.obsbusiness.school/actualidad/informes-de-investigacion/informe-obs-la-industria-farmaceutica-impacto-sanitario-social-y-economico>

Laboratorios normon. Ficha técnica [en línea]. Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. Diciembre de 2021. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://cima.aemps.es/cima/pdfs/es/ft/62621/FT_62621.pdf

LARGO, Jian y JIN, Le. Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: Formation of Hydroxyl Radical and Application. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* [en línea]. Vol.42, N°3, 2012 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2010.507698> ISSN: 1547-6537

LARIOS, Fernando, GONZÁLEZ, Carlos y MORALES, Yennyfer. *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú* [en línea]. Vol. 2, no.2, agosto, 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://usil.edu.pe/sites/default/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf> ISSN: 2311-7613

MACPHEE, D y FOLLI, A. Photocatalytic concretes — The interface between photocatalysis and cement chemistry. *Cement and concrete research* [en línea]. Vol.85, 3 de julio de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884615301150> ISSN: 0008-8846

MANSOOB, Mohammad, FAROOQ, Syed y MAYOUF, Abdullah. Metal oxides as photocatalysts. *Journar od saudí chemical society* [en línea]. Vol.19, N°5, septiembre de2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319610315000393> ISSN: 1319-6103

MARES, Xally y QUINTERO, Irais. Síntesis y caracterización de esferas poliméricas para la liberación de fármacos. *Revistas jóvenes en la ciencia* [en línea]. Vol.3, N°2, 30 de diciembre de 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/4951>

MARÍN, Rafael. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas [en línea]. 2da. ed. Ediciones Díaz de Santos, 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?id=jmzWDwAAQBAJ&dq=los+contaminantes+emergentes+dado+a++su+alto+grado+de+toxicidad+que+se+va+incrementado+al+haber+un+contacto+progresivo+&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
ISBN: 8490522642

MARTÍNEZ, Luis y CUÉ, Noemi. Cómo buscar información académica y científica. Cursos de verano universidad de Cantabria [en línea]. N°36, junio de 2012 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.uv.mx/personal/jomartinez/files/2011/08/como-buscar-en-internet_2.pdf

Medicamentos [en línea]. Argentina: Ministerio de salud presidencia de la nación, 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://salud.gob.ar/dels/printpdf/132>

Medrodol extra forte nf 150 mg/500 mg Tab. Recubierta [en línea]. Vademecum. 2015. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.vademecum.es/equivalencia-lista-medrodol+extra+forte+nf+150+mg%2F500+mg+tab.+recubierta-peru-m01ab55+p5-1428641-pe_1

MENDOZA, Wilson. Fotocatálisis para la degradación de detergentes en aguas residuales. Tesis (Título de ingeniero químico) Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, facultad de ingeniería química e industrias alimentarias, 2019. 60 pp.

MIRÓ, Isabel. El género prospecto de medicamento: análisis pretraslativo-comparativo de prospectos españoles y británicos según el modelo circular de

Nord. Tesis (Grado en traducción e interpretación). Castellón de la plana: Universitat Jaume I, 2016. 85 pp.

MONCADA, Sandra. Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa. *Investigación en educación médica* [en línea]. Vol.3, N°10, abril-junio de 2014 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505714727346> ISSN: 2007-5057

MORALES, Leslie y MENDEZ, Gabriela. Biorremediación de carbamazepina por hongos y bacterias en aguas residuales. *Revista bionatura* [en línea]. Vol.6, N°2, mayo 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351646990_Biorremediacion_de_carbamazepina_por_hongos_y_bacterias_en_aguas_residuales ISSN: 1851-1857

MOREIRA, Xavier. Odontoma asociado a la neuralgia del nervio trigemino. Tesis (Título de odontólogo). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad piloto de odontología, 2015. 77 pp.

MUHD, Nurhidayatullaili y BAGHERI, Samira. Graphene supported heterogeneous catalysts: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy* [en línea]. Vol.40, N°2, 12 de enero de 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319914030055> ISSN: 0360-3199

Natural Products for Drug Discovery in the 21st Century: Innovations for Novel Drug Discovery por Ekow [et al]. *International journal of molecular sciences* [en línea]. Vol.19, N°6, 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/6/1578/htm>

NETZAHUATL, Alma y RODRÍGUEZ, Patricia. Revisión sobre la ocurrencia de triclosán en aguas subterráneas y tendencias tecnológicas para su remoción.

Revista alianzas y tendencias BUAP [en línea]. Vol.5, N°20, 13 de diciembre de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/9783?show=full>

New perspectives for Advanced Oxidation Processes por Dewil [et al]. *Journal of environmental management* [en línea]. Vol.195, N°2, 15 de junio de 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717303353> ISSN: 0301-4797

NOCOMEDES, Esteban. Tipos de investigación [en línea]. Provided by repositorio institucional USDG. 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

Occurrence and Fate of Carbamazepine, Clofibrac Acid, Diclofenac, Ibuprofen, Ketoprofen, and Naproxen in Surface Waters por Tixier [et al]. *Environmental science & technology* [en línea]. Vol. 37, N°6, 6 de febrero [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es025834r#>

Occurrence of pharmaceutical, recreational and psychotropic drug residues in surface water on the northern Antarctic Peninsula región por González [et al]. *Environment pollution* [en línea]. Vol.229, 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117301628>

Occurrence, interactive effects and ecological risk of diclofenac in environmental compartments and biota - a review por Sathishkumar [et al]. *Science of the total environment* [en línea]. Vol.698, 1 de enero de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719340343>
ISSN: 0048-9697

OLIVERA Viera, Ivette. Factores que determinaron el incremento de las importaciones de los productos farmacéuticos chinos en el Perú, entre el 2013 al 2017. Tesis (Licenciado en Negocios Internacionales). Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas, 2019. 100 pp.

Optimization of photocatalytic degradation of methyl orange using immobilized scoria-Ni/TiO₂ nanoparticles por Pirsahab [et al]. *Journal of nanostructure in chemistry* [en línea]. Vol.10, 19 de marzo de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40097-020-00337-x>

Organización mundial de la salud. 2017. Disponible en: <https://www.who.int/phi/publications/2081China020517.pdf>

OROPESA, Ana, MORENO y Gómez, Luis. Lesiones histopatológicas en peces originadas por la exposición a contaminantes emergentes: recopilando y analizando datos. *Revista de toxicología* [en línea]. Vol. 34, N°2, 2017. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91954641004> ISSN: 0212-7113

PAYÁ, José. Tratamiento de emisiones de COVs en la industria química farmacéutica mediante oxidación térmica regenerativa. Tesis (Doctorado). Murcia: Universidad de Murcia, 2020. 205 pp.

PÉREZ, Montserrat. Aplicaciones de las reacciones fenton y foto-fenton a contaminantes de preocupación emergente. Tesis (Título de ingeniero químico). Catalunya: Universitat politècnica de catalunya, Facultat de ingeniería química, 2016. 107 pp.

Pharmaceuticals of Emerging Concern in Aquatic Systems: Chemistry, Occurrence, Effects, and Removal Methods por Patel [et al]. *Chemical reviews* [en línea]. Vol.119, N°6, 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.chemrev.8b00299#> ISSN: 3510-3673

Photocatalytic treatment of water-soluble pesticides by photo-Fenton and TiO₂ using solar energy por Malato [et al]. *Catalysis today* [en línea]. Vol.76, N°2-4, 15 de noviembre de 2002 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920586102002201>
ISSN: 0920-5861

Phytotoxicity assessment of diclofenac and its phototransformation products por Mechthild [et al]. *Anal Bioanal chem* [en línea]. Vol. 387, 2007 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-006-0825-3>

Preparación de fotocatalizadores de TiO₂ y ZnO para la eliminación de contaminantes en medio acuoso por Amorós [et al]. *Catálisis para el futuro avances en estructuras, procesos y aplicaciones* [en línea]. Vol.24, 26 de junio de 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/96668/3/Resumen_Ana-Amoros-Secat19.pdf

Presencia de productos farmacéuticos en el agua y su impacto en el ambiente por Checa [et al]. *Revista bionatura* [en línea]. Vol.6, N°1, junio de 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://revistabionatura.com/files/2021.06.01.27.pdf>

Prospecto diclofenaco teva 30 mg/g gel [en línea]. Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. 2019. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://cima.aemps.es/cima/dochtml/p/83054/P_83054.html

Proyecto Life WaterReuse: Gestión eficiente del agua en industrias con elevada carga orgánica por Trinidad [et al]. *Tecnoaqua* [en línea]. N°22, noviembre-diciembre de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.tecnoaqua.es/descargar_documento/articulo-tecnico-proyecto-life-waterreuse-gestion-eficiente-agua-industrias-tecnoaqua-es.pdf

RAVELLI, Davide, PROTTI, Stefano y ALBINI, Angelo. Energy and Molecules from Photochemical/Photocatalytic Reactions. An Overview. *Molecules* [en línea]. Vol.20, N°1, enero 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/20/1/1527/htm> ISSN: 1527-1542

Refinery wastewater degradation with titanium dioxide, zinc oxide, and hydrogen peroxide in a photocatalytic reactor por Khan [et al]. *Process safety and environmental protection* [en línea]. Vol.94, marzo de 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095758201400158X>

Review of emerging contaminants in aquatic biota from latin america: 2002-2016 por Llorca [et al]. *Environmental toxicology and chesmitry* [en línea]. 20 de agosto de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.3626>

REVISTA científica, tecnología y humanística [en línea]. Saltillo: Universidad Autónoma de Coahuila, 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/CC66/CC66.pdf#page=167> ISSN: 2683-1848

SEMESTRAL. Generando conocimiento. *Revista científica cienciaeduc* [en línea]. Vol.1, N°2, enero de 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://centrodeinvestigacion.eshost.com.ar/images/pdf/2DA-EDICIN-DE-LA-REVISTA-CIENTIFICA-CIENCIAEDUC.pdf?i=2> ISSN: 2610-816X

REVISTA sociedad mexicana de electroquímica [en línea]. Chihuahua: UACJ, 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:

<http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/18018/Libro-de-Resumenes-SMEQ-2020-.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=29>

REVISTA tecnura [en línea]. Bogotá: UDFJC, 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/issue/view/984> ISSN: 2248-7638

RODRIGUEZ, Jorge. Degradación fotocatalítica de lignina empleando películas nanoestructuradas de ZnO obtenidas mediante depósito atómico de capas. Tesis (Doctor en ciencias en ingeniería química). Morelia: Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo, facultad de ingeniería química, 2021. 101 pp.

RUIZ, Sonia. Estudio de la fotocatalisis y su aplicación en el tratamiento de aguas residual. *Ecapma working paper* [en línea]. Vol.2, N°2, 26 de diciembre de 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2951>

RUIZ, Sonia. Estudio de la fotocatalisis y su aplicación en el tratamiento de aguas residual. *Ecapma working paper* [en línea]. Vol.2, N°2, 26 de diciembre de 2018 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2951>

SALDÍVAR, Fernanda, PRIETO, Fernando y MEDINA, José. Descubrimiento y desarrollo de fármacos: un enfoque computacional. *Educación química* [en línea]. Vol.28, N°1, 5 de abril de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2017000100009&script=sci_abstract&tlng=pt ISSN: 0187-893X

SANDOVAL, Juan, MORALES, Miguel y RUBIO, Diego. Breve revisión del uso de microalgas para la remoción de contaminantes emergentes en aguas residuales. *Gestión y Ambiente* [en línea]. Vol.23, N°1, 23 de abril de 2020 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/84034>

SANEAMIENTO ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil por Jaime Bellido [et al]. *Revista Panamericana de Salud Pública* [en línea]. Vol. 28, N° 2, agosto 2010 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rpsp/2010.v28n2/114-120/>

Supported photocatalyst for removal of emerging contaminants from wastewater in a continuous packed-bed photoreactor configuration por Borgues [et al]. *Catalysts* [en línea]. Vol.5, N°1, 2 de febrero de 2015 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4344/5/1/77/htm> ISSN: 2073-4344

The influence of the morphology of 1D TiO₂ nanostructures on photogeneration of reactive oxygen species and enhanced photocatalytic activity por Rosales [et al]. *A journal of molecular liquids* [en línea]. Vol.281, 1 de mayo 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732218362482> ISSN: 0167-7322

TOBAR, Federico. Economía de los medicamentos genéricos en América Latina. *Revista panamericana de salud pública* [en línea]. Vol.23, N°1, 2008 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rpsp/2008.v23n1/59-67/>

TORCHILIN, Vladimir. Structure and design of polymeric surfactant-based drug delivery systems. *Journal of controlled release* [en línea]. Vol. 73, 15 de junio de 2001 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168365901002991>

ISSN: 0168-3659

TOULKERIDIS, Theofilos y ECHEGARAY, Richard. Control de la contaminación en aguas residuales de curtiembres, mediante fotocátalisis heterogénea con TiO_2 . *Revista de ciencias de seguridad y defensa* [en línea]. Vol.2, N°1, 2017 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/10/04-Seguridad-y-Defensa-2017-sep-web.pdf#page=67> ISSN: 2477-9253

Tratamiento con hemoperfusión prolongada en la intoxicación aguda por carbamazepina por Peces [et al]. *Revista nefrología* [en línea]. Vol. 30, N°1, 2010 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-69952010000100017

VALENCIA Sanchez, Hoover. Diseño y evaluación de un reactor para la producción de hidrogeno por fotocátalisis heterogénea a partir de soluciones acuosas alcohólicas. Tesis (Título para Químico industrial) Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2016. 77 pp.

VALENCIA, Sergio, MARÍN, Juan y RESTREPO, Gloria. Efecto del pH en la Degradación Fotocatalítica de Materia Orgánica Natural. *Información tecnológica* [en línea]. Vol.22, N°5, 19 de febrero de 2011 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642011000500008&script=sci_arttext ISSN: 0718-0764

VARELA, Margarita y VIVES, Tania. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en educación médica* [en línea]. Vol.5, N°19, julio-septiembre de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de

2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572016000300191&script=sci_arttext ISSN: 2007-5057

VELÁSQUEZ, Johana. Análisis de PPcPs (pharmaceutical and personal care products) en aguas residuales y suelos. [en línea]. Vol. 7, N° 2, 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7319646> ISSN: 2145-6453

VILLANUEVA, Ruben. Efecto del diclofenaco vía oral comparado al naproxeno en el manejo post operatorio de cirugía bucal en pacientes atendidos en la clínica odontológica de la universidad nacional del altiplano-puno 2019. Tesis (Título profesional de cirujano dentista) Puno: Universidad nacional del altiplano, 2021. 61 pp.

VILLARES, Steven. Analgesia en cirugía de terceros molares incluidos. Tesis (Título de odontólogo) Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2021. 45 pp.

VIORATO, Nancy y REYES, Vianey. La ética en la investigación cualitativa. *Cuidarte* [en línea]. Vol.8, N°16, agosto de 2019 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cuidarte/cui-2019/cui1916e.pdf> ISSN: 2395-8979

YANES, Javier. Así contaminan el medio ambiente nuestros medicamentos [en línea]. Openmind bbva. 09 de abril de 2021 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/medioambiente-y-medicamentos-contaminacion/>

ZHANG, Yongjun, GEISSEN, Sven uwe y GAL, Carmen. Carbamazepine and diclofenac: Removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies. *Chemosphere* [en línea]. Vol.73, N°8, 2008 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565350800996X> ISSN: 0045-6535


ZHOU, John y BROODBANK, Nicola. Sediment-water interactions of pharmaceutical residues in the river environment. *Water research* [en línea]. Vol.48, 1 de enero de 2014 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135413007185?via=ihub> ISSN: 0043-1354

ZORPAS, Antonis y SARANTA, Aspasia. Multi-criteria analysis of sustainable environmental clean technologies for the treatment of winery's wastewater. *Revista internacional de asuntos ambientales globales* [en línea]. Vol.15, N°1- 2, 27 de enero de 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2022].

Disponible en: <https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJGENVI.2016.074359>

ANEXO 1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	---------------------------------------

Páginas utilizadas	Año de publicación	Lugar de publicación
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

PALABRAS CLAVES	
AUTOR	
PARÁMETROS DE OPERACIÓN	
EFICIENCIA	
CONCLUSIONES	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Fotocatálisis heterogénea aplicado en la remoción de diclofenaco y carbamazepina en aguas residuales", cuyos autores son ORTIZ ALVAREZ NIKOLTH MARYORIT, ESPINOZA MARCAS JAZMYN ARACELY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 07 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 21-07- 2022 15:07:56

Código documento Trilce: TRI - 0325611