



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión sistemática: Tratamiento de efluentes de la industria textil utilizando macroalgas marinas rojas procesadas.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Ibañez Benites, Maria Elena (orcid.org/0000-0001-6744-5766)

Ramos Colona, Fatima Gianela (orcid.org/0000-0003-1646-2536)

ASESOR:

Mgtr. Silva Chuquipoma, Diego Honorato (orcid.org/0000-0001-9561-087X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a Dios. A mis padres Magdalena Benites y Marcos Benites, por su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio para darme una carrera, a mis abuelas Gladys Benites y Vilma Maco por sus palabras de aliento y enseñanzas de buenos valores, a mis abuelitos Ruperto Benites y Gulnara Feria en el cielo y a mi compañera de tesis Fátima Ramos por su apoyo y perseverancia en el desarrollo de nuestra tesis.

Ibañez Benites, María Elena

Mi tesis se la dedico a Dios por el sostén, fortaleza mental y motivación que me brindó a lo largo de este año, a mis padres por su apoyo incondicional, José Ramos y Sughey Colona, a mis abuelos paternos, Rosario Ramos y Alcira Vargas, a mi abuela materna en el cielo, Iralda Paucar, a mis hermanos menores, quienes ven en mi un ejemplo a seguir, Patrick, Luca y Mateo y a mi compañera de tesis, María Elena Ibañez, por su constante apoyo y motivación desde el primer día hasta hoy.

Ramos Colona, Fátima Gianela

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento infinito a Dios, por brindarnos fortaleza para continuar y levantarnos de las caídas. A nuestro asesor de tesis, el Ing. Diego Silva y nuestra asesora de proyecto de investigación, la Ing. Rita Cabello, quienes nos apoyaron constantemente y nos motivaron a no rendirnos a pesar de lo difícil que a veces fuera superar las adversidades del camino.

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Cualitativo (Categorías, Subcategorías y Matriz de Categorización).....	12
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	15
3.8. Método de análisis de datos.....	16
3.9. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
V. CONCLUSIONES.....	24
VI. RECOMENDACIONES.....	24
REFERENCIAS.....	25
ANEXOS	33

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización de aguas residuales textiles.....	8
Tabla 2. Diferentes tecnologías de tratamiento para el tratamiento de aguas residuales textiles con sus correspondientes ventajas y limitaciones.....	9
Tabla 3. Identificar los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil.....	16
Tabla 4. Parámetros para el tratamiento de efluentes de la industria textil	18
Tabla 5. Caracterización del efluente tratado tras diferentes procesos de tratamiento	20
Tabla 6. Especies de macroalga marina más eficientes en tratamiento de efluentes de la industria textil.....	21

Índice de figuras

Figura 1. <i>Chondracanthus chamissoi</i> y <i>C. glomerato</i>	3
Figura 2. Clasificación taxonómica de las algas rojas	4
Figura 3. Procedimientos de elección de artículos	14

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el tratamiento de efluentes de la industria textil con macroalga marina roja. Para ello se realizó una revisión sistemática, recopilando 40 artículos científicos entre los años 2018 y 2022 utilizando como criterios de inclusión artículos indexados en bases de datos Scopus, Scielo, Ebsco y Pro Quest. Los resultados obtenidos indican que los tres principales procesos de tratamiento de efluentes textiles fueron nano-*Pterocladia capillacea*, biosorbente y biocarbón; además se determinó que el azul de metileno produce mayor contaminación en esta industria (700 000 toneladas); por otro lado, se determinó que *la Gelidiella acerosa* presentó mayor eficiencia (512,67 mg/g) para mitigar la contaminación en la industria textil. Finalmente, se concluyó que el uso de biocarbón a base de *Gelidiella acerosa*, presentó mayor capacidad de absorción para el tratamiento de efluentes textiles, el cual puede ser reutilizada hasta 7 veces sin perder su eficacia.

Palabras claves: Industria, textil, industrial y tratamiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the treatment of effluents from the textile industry with red marine macroalgae. For this, a systematic review was carried out, collecting 40 scientific articles between the years 2018 and 2022 using articles indexed in Scopus, Scielo, Ebsco and Pro Quest databases as inclusion criteria. The results obtained indicate that the three main textile effluent treatment processes were nano-*Pterocladia capillacea*, biosorbent and biochar; In addition, it was determined that methylene blue produces more pollution in this industry (700,000 tons); on the other hand, it was determined that *Gelidiella acerosa* presented greater efficiency (512.67 mg/g) to mitigate contamination in the textile industry. Finally, it was concluded that the use of biochar based on *Gelidiella acerosa*, presented greater absorption capacity for the treatment of textile effluents, which can be reused up to 7 times without losing its effectiveness.

Keywords: Industry, textile, industrial and treatment

I. INTRODUCCIÓN

Hace alrededor de 83.000 a 170.000 años, hubo una revolución en el uso de textiles en todo el mundo, nuestros antepasados comenzaron a vestirse de acuerdo a su ubicación geográfica habitual (Shiam y Prasanna, 2022). La industria textil es la segunda más contaminante a nivel mundial, pues utiliza 93.000 millones de m³ de agua al año, y cada año se vierten al mar 500.000 toneladas de microfibras, lo que equivale a 3.000 000 de barriles de petróleo (ONU, 2019). Por ello se dice que es la más contaminante después de la industria petrolera y, sobre todo, una de las no recibe mucha atención (Brañez, 2018). Las aguas residuales de la industria textil son una amenaza significativa para el medio ambiente, y el tratamiento de las mismas es uno de los problemas más complejos de contrarrestar (Yadav, Anshul et al., 2022), las mismas que tienen características tóxicas, cancerígenas y mutagénicas, y contienen Cr y Ni se convierten en serias amenazas para la salud humana y la flora y fauna del medio ambiente (Viray y S.K, 2021), además los contaminantes no solo son perjudiciales para el medio ambiente, sino también para nuestra salud física y mental (Kelishadi, 2012) y a veces estamos expuestos sin saberlo a este contaminante (Chmielewski, 2020)

Actualmente, la industria textil busca transformar los sistemas de producción en ecosistemas a precios competitivos, usar tintes y productos químicos más seguros y reducir los costos de tratamiento y eliminación de aguas residuales (Singh, 2022).

Según Shiam y Prasanna (2022), se realizó un estudio en el que se informó que la producción total de fibras sintéticas en la industria textil fue de 66,6 millones de toneladas, lo que representó una gran parte (62 %) de la producción mundial de fibras textiles en 2018. No obstante, se encontró que la producción a nivel mundial de lana y algodón fue de 1 tonelada y 26,05 millones de toneladas respectivamente en 2018, que es menor que la producción de fibras sintéticas, por ello se debe realizar el debido tratamiento de las aguas residuales, y si utiliza la aplicación de algas debemos conocer que, las algas marinas además de contribuir a su uso en múltiples industrias, se exploraron y utilizaron en mayor medida en el tratamiento de aguas residuales como adsorbente para reemplazar el carbón activado funcional (Arumugan et al., 2018). Según Barroco y Chow (2022), las macroalgas juegan un

papel ecológico muy importante que incluyen los servicios ecosistémicos, sobre todo cuando no producen una gran deposición de restos de naufragio en las playas, y son una importante fuente de energía y nutrientes para la comunidad de playas arenosas, en las cuales la biomasa depositada en la zona intermareal es integrada a la cadena trófica por los invertebrados, presas importantes para otros consumidores. Estas algas como especies vivas, se pueden encontrar en agua dulce y en agua salada, las mismas se dividen en dos principales grupos: las macroalgas de mayor tamaño, llamadas algas marinas, están localizadas en la zona litoral, y las de menor tamaño las microalgas se encuentran tanto en la costa como en el océano (Coudert, Baéza y Berri, 2020).

En la presente investigación se analizó la realidad problemática, siendo esta el nivel de contaminación por efluentes de la industria textil, los cuales muchas veces no reciben tratamiento y simplemente son expulsadas hacia las redes de alcantarillado o en el peor de los casos, directamente a alguna área natural, ya sea ríos, mares o lagos, incrementando así la contaminación de los mismos, además, no se encuentran investigaciones sobre este método de tratamiento en el Perú y a nivel internacional, muy poco se sabe, aumentándole a esto, que el tratamiento con macroalgas resulta ser más económico frente a un tratamiento químico, por lo cual, la investigación se realiza basándose en la justificación de la magnitud de la contaminación por la expulsión de efluentes de una industria textil, la dificultad para disipar los contaminantes que se encuentran en las mismas y los vacíos científicos sobre el tema en desarrollo, es por ello que se planteó como objetivo general: Analizar el tratamiento de efluentes de la industria textil con macroalga marina roja y como objetivos específicos: identificar los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil, establecer parámetros para el tratamiento de efluentes de la industria textil y por último, determinar la especie de macroalga marinas rojas más eficiente en tratamiento de efluentes de la industria textil.

II. MARCO TEÓRICO

La industria de las algas en América Latina juega un papel importante mundialmente ya que el 17% de todas las algas y el 37% de las algas rojas de la industria de los micocoloides provienen de esta región (Hayashi et al., 2013).

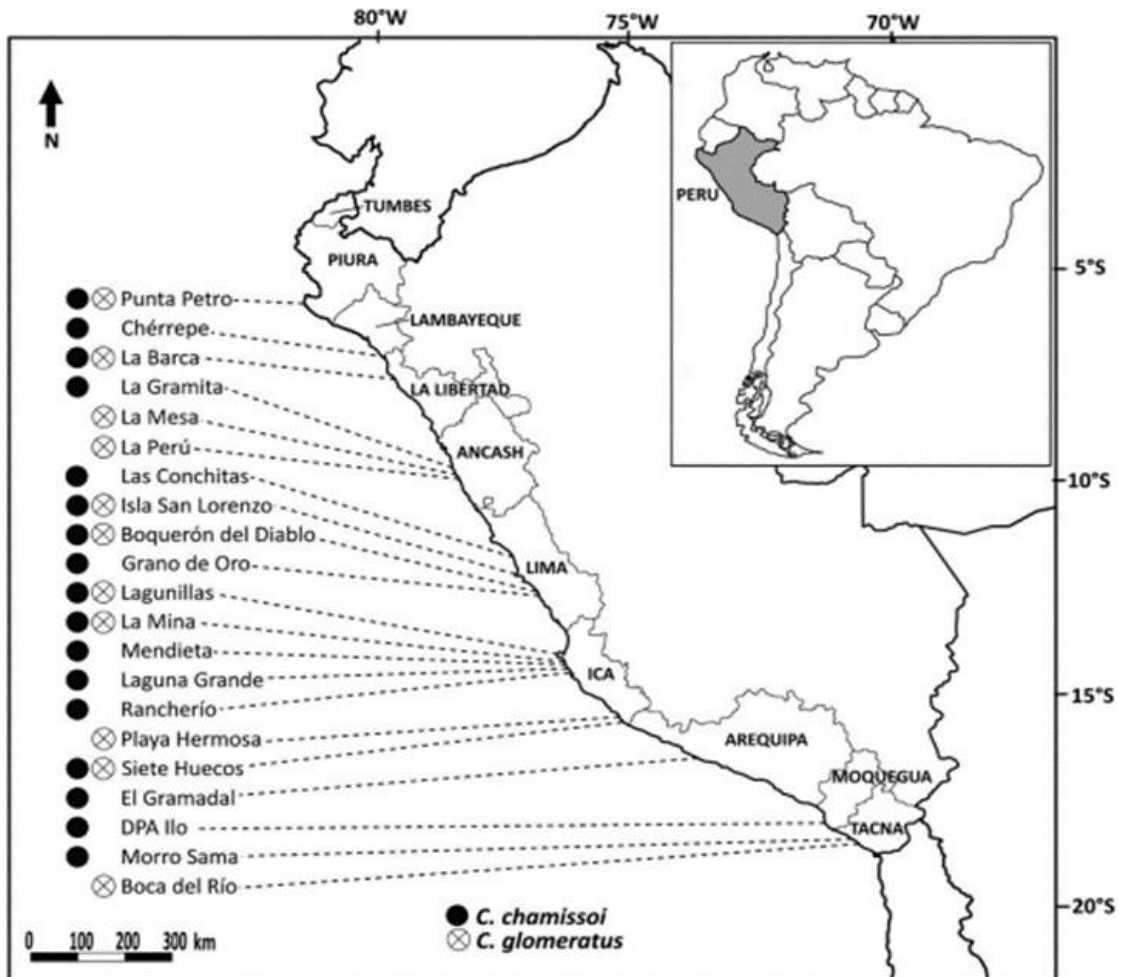


Figura 1. *Chondracanthus chamissoi* y *C. glomerato*

Fuente: Arakaki et al., 2021. Mapa de la costa peruana mostrando las localidades de colecta de algas.

Las algas rojas contienen aminoácidos básicos similares a la ovoalbúmina y representan una alternativa sostenible a las proteínas terrestres. Las proteínas de este tipo de algas tienen una amplia gama de aplicaciones nutricionales basadas en sus propiedades físicas y químicas, mientras que su actividad biológica puede modificarse con fines nutricionales (Pattarasuda et al., 2022).

Como especies vivas, se pueden encontrar en agua dulce y en agua salada, las mismas se dividen en dos principales grupos: las macroalgas de mayor tamaño, llamadas algas marinas, se encuentran en la zona litoral, y las de menor tamaño las microalgas se encuentran tanto en la costa como en el océano (Coudert, Baéza y Berri, 2020).

Estes tipo de algas (Rhodophyta) tienen un color rojo característico debido a los pigmentos ficocianina y ficoeritrina, así como a la clorofila. La ficocianina es el pigmento más importante de las algas rojas (García et al., 2020).

Hay alrededor de 4.000 especies de algas rojas. Las algas rojas varían en morfología, desde simples filamentos hasta esponjas más grandes y complejas. Rhodophytas forman una clase: Rhodophyceae, que a su vez incluye 2 subclases: Bangiophycidae y Floridiophycidae (Román, 2016).

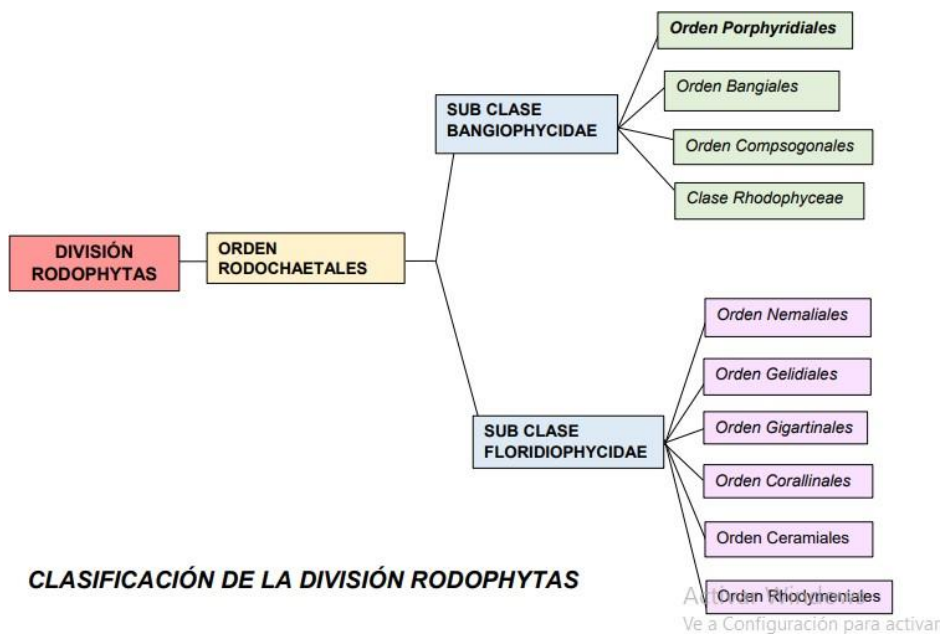


Figura 2. Clasificación taxonómica de las algas rojas

Este estudio investigó la efectividad de la destilación por membrana al vacío (VMD) para eliminar el color de las aguas residuales textiles. Se sintetizaron nanoláminas de nitruro de boro hexagonal (h-BN) y nanoflores de óxido de zinc (ZnO) mediante un protocolo de síntesis simple de un solo paso. Se impregnaron nanoflores de ZnO al 1 % p/v y cantidades variables de nanoláminas de h-BN (0–2 % p/v) en una matriz

de fluoruro de polivinilideno (PVDF) mediante un método de inversión de fase. Al incorporar nanoflores de ZnO en la membrana, la matriz proporciona a la membrana propiedades de absorción UV. Después del tratamiento UV de la superficie de la membrana, se recuperó más del 95 % del flujo inicial (Yadav et al., 2022).

Aquí se investigó la eficiencia y viabilidad de la fotólisis con luz ultravioleta (UV) de textiles efluentes no tratados que contienen tintes sintéticos. Para ello, se sigue un proceso patentado de revelado UV/cloro/Br en presencia de carbón activado (AC), que también facilita la adsorción del tinte. Durante el proceso UV/cloro, se forman en solución $Cl\cdot$, $Cl_2\cdot-$ y $HO\cdot$ y se destruyen los compuestos que no pueden oxidarse con los agentes oxidantes convencionales. En este proceso, se forma bromo libre y se fotoliza bajo luz ultravioleta para producir $Br\cdot$ y $Br_2\cdot-$, que pueden mejorar la tasa de degradación de contaminantes. En este estudio, bromuro oscuro (7,18 %), radiación UV (26,8 %), cloruro oscuro (78,67 %) y UV/cloro/Br (87,01 %) contribuyeron a la eficiencia de decoloración (Ghanbari et al., 2022).

Utilizando azul de metileno (MB), rodamina B (RD) y rosa de bengala (BR) como colorantes contaminantes modelo, se investigó el rendimiento de los hidrogeles de nanotubos de carbono híbridos en la remediación ambiental. Las redes de hidrogel de acrilato con nanotubos de carbono incrustados se sintetizaron mediante fotopolimerización sin derivatización previa de la superficie de los nanotubos de carbono. Los estudios termodinámicos, isotérmicos y cinéticos demostraron que la aplicación de un campo eléctrico externo de 12 V resultó en un proceso de adsorción favorable que afectó la cantidad de adsorción del tinte: interacción más fuerte con moléculas de MB catiónicas (q_{exp} y q_{12exp} de 19.72 y 12exp 33.45 mg/g) y pertenecientes a las moléculas aniónicas RD (28.93 y 13.06 mg/g q_{exp} y q_{12exp} respectivamente) y neutras BR (36.75 y 15.85 mg/g q_{exp} y q_{12exp} respectivamente) (Cirillo et al., 2021). Se estudió la eliminación de sustancias oxidables de efluentes de lana de los efluentes con la electrocoagulación interrumpida. La ECD se realizó en una cámara de vidrio templado de 28 L de capacidad con 20 electrodos de hierro, donde se determinó el tiempo de tratamiento adecuado y el efecto del potencial variable manipulado (4, 5 y 6 V) y la distancia. Electrodo (2, 4 y 6 cm) para porcentaje de eliminación del consumo químico de oxígeno (DQO); Se utilizó un diseño de 32

factores. Los resultados mostraron que las variables estudiadas tuvieron un efecto significativo sobre la DQO y la remoción de especies oxidables fue mayor (91,43%) a 5 V, distancia entre electrodos 2 cm y tiempo de residencia 30 min (Guillén et al., 2021).

La búsqueda de materiales y técnicas aplicables para uso como alternativa para el tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos de minería e industriales se ha constituido como un reto en los últimos tiempos. Su eliminación y recuperación reduce un riesgo ambiental global. El potencial como biosorbente de biomasa de macroalgas rojas, cáscara de naranja y tuna guajira es una opción para lograr remover los metales pesados encontrados en los drenajes ácidos generados por la explotación minera (Plomo, Cadmio y Zinc) (Vizcaíno y Fuentes, 2015).

Debido a la gran cantidad de agua requerida en todo el mundo, la recuperación y el reciclaje de las aguas residuales es fundamental. Presencia de metales pesados en aguas residuales como hierro, molibdeno, manganeso, zinc, níquel, cobre, vanadio, cobalto, tungsteno, cromo, arsénico, plata, antimonio, cadmio, mercurio, plomo y/o uranio (Dawn y Vishwakarma, 2021).

Los metales pesados son altamente tóxicos por naturaleza, incluso en concentraciones muy bajas. El cromo y el níquel son los metales pesados más importantes que se utilizan ampliamente en diversos procesos industriales, incluidos el curtido de cuero, la galvanoplastia, la pintura, el papel y la pulpa, las baterías, los textiles, la fabricación de electrodomésticos y la conservación de la madera. Debido a su explotación generalizada, los procesos mineros y metalúrgicos también son la principal fuente de contaminación de Cr y Ni, además de las fuentes naturales como la contaminación geogénica y volcánica de las aguas subterráneas (Viray y S.K, 2021).

Los principales contaminantes que provocan la contaminación del agua en la industria textil son el uso de colorantes como la antraquinona y los colorantes azoicos. La producción anual mundial de tintes se estima en más de 700 000 toneladas, y se siembran más de 100 000 tipos de tintes en el mercado (Raj, Singh y Bhattacharya, 2022).

Las microfibras sintéticas como el poliéster, el acrílico y el nailon no son biodegradables; por lo tanto, cuando ingresan al ambiente acuático, son ubicuos, desde las costas hasta los océanos (Barrows et al., 2018). Los MF también pueden expulsar sustancias químicas tóxicas, como plastificantes, que se agregan a los textiles en la producción para cambiar sus propiedades físicas (Sridharan et al., 2022).

En una investigación que realizaron Gowriboy et al. (2022), indican que el principal objetivo era ampliar la aplicación de los composites preparados en capa fina en el tratamiento de aguas residuales mediante métodos de adsorción, especialmente sustancias orgánicas como azul de metileno (MB), rodamina (Rh. B), ácidos, etc. Azul (AB) y Naranja de metilo (MO) por mecanismo de adsorción.

Sostenibilidad en la industria textil es un desafío con una necesidad inminente de ser abordado (Moldavo et al., 2022)

Según Gowriboy et al. (2022), Las características fisicoquímicas de los materiales de membrana de película delgada preparados se investigaron utilizando diversas técnicas, como FT-IR, XRD, FE-SEM, AFM, BET, TGA y análisis de resistencia mecánica. En las pruebas de adsorción de colorantes se utilizaron cuatro colorantes orgánicos comunes: azul de metileno (MB), azul de rodamina (Rh. B), azul ácido (AB) y rojo Congo (CR). Cuando el material preparado se ensayó con una muestra del efluente de la industria textil, las concentraciones de todos los parámetros fisicoquímicos indicaron una disminución considerable en comparación con la concentración en el efluente textil. Además, el análisis de citotoxicidad de las muestras de agua y las muestras de membrana se probó en líneas celulares monocíticas humanas (THP -1) utilizando un citómetro de flujo.

La caracterización y tratamiento del efluente textil utilizando electrodos de aluminio en el proceso de electrocoagulación. Se diseñaron montajes experimentales de EC y diferentes parámetros fueron optimizados. electrocoagulación tratamiento el proceso elimina indicadores de calidad fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica (CE); turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO), amoníaco; el nitrato, el nitrito, el nitrógeno total (TN) y el fosfato se determinaron utilizando procedimientos estándar (Tibebe et al., 2022).

La industria textil ha sido considerada como una de las unidades de consumo intenso de agua, lo que resulta en la generación de un gran volumen de colorante(s) contaminado(s) efluente representando una pesada carga para los cuerpos de agua receptores. Por lo tanto, se propuso un método asistido por microondas para la síntesis rápida de nanocompuestos (C-CS@ZnO) a partir de biomoléculas naturales (quitosano-CS), un conocido reticulante (tripolifosfato) y nanopartículas de óxido metálico (ZnO). Se realizó una caracterización detallada para identificar la estructura (SEM, XRD) y la composición (FT-IR, XPS) del adsorbente. Los experimentos de sorción con solución de colorante naranja de metilo (MO) se llevaron a cabo con diferentes pH (2,0–12,0), concentraciones de colorante (150–350 mg/L), tiempos de reacción (0–210 min) y temperatura (25–45 °C).) para establecer el adsorbente a escala de laboratorio (Priyadarshi, Raval y Trivedi, 2022).

Los parámetros como la demanda química de oxígeno (DQO) y el color se verificaron durante el proceso de tratamiento y se logró una eliminación casi completa de la DQO y el color utilizando los materiales y el proceso sugeridos. El agua tratada se consideró apta para el reciclaje - hacia la fabricación de una planta de descarga de líquido cero (Raj, Singh y Bhattacharya, 2023).

Tabla 1. Caracterización de aguas residuales textiles

Parámetros	Unidad	Valor
Color	mg Pt-Co/L	4821.72
pH	–	9.7
TDS	miligramos por litro	3880
TSS	miligramos por litro	110
Pb	mg/L	0.805
Cr	mg/L	0.912
Discos compactos	mg/L	0.025
Ni	mg/L	32.750
Cobre	mg/L	14.616
Zinc	mg/L	158.224
Alabama	mg/L	180.482

Cloruro miligramos por litro 15,540

Fuente: Raj, Singh y Bhattacharya, 2022. Treatment of textile industry wastewater based on coagulation-flocculation aided sedimentation followed by adsorption: Process studies in an industrial ecology concept.

Tabla 2. Diferentes tecnologías de tratamiento para el tratamiento de aguas residuales textiles con sus correspondientes ventajas y limitaciones

Técnicas de tratamiento	Resultados y condiciones	Ventajas	Desventajas
Adsorción	Reducción del color en un 90 % usando carbón activado micro-mesoporoso dentro de los 35 min del tiempo de operación (Liew et al., 2018)	Operación simple y económica, mayor eficiencia de eliminación	Desechabilidad del adsorbente gastado, problemas de regeneración, poca mineralización de colorantes
Filtración por membrana	Reducción del color en casi un 99 % por rGO/ZnO/PSF (Ji et al., 2019)	Operación simple con mayor eficiencia de remoción	Ensuciamiento de membrana con mayor requerimiento de energía
Proceso electroquímico	Eliminación de color del 100 % y eliminación de DQO del 93,5 % con una densidad de corriente de 15 mA/cm ² y un tiempo de reacción total de 45 min (GilPavas et al., 2018)	Proceso altamente eficiente	Alto costo operativo con requisito de supervisión calificada

Coagulación	72 % de eliminación de DQO y 84,7 % de eliminación de color usando FeCl ₃ como coagulante dentro de los 20 minutos de tiempo de contacto (Karam et al., 2021)	Operación simple y económica.	Alta producción de lodos creando problemas de eliminación, alto uso de químicos, poca mineralización de tintes
Oxidación avanzada	Eliminación del color en un 95 % dentro de los 60 minutos del tiempo de contacto (GilPavas et al., 2019)	Alta eficiencia de remoción	Mayor costo operativo
Tratamiento biológico	Eliminación de DQO del 99,5 % y eliminación de color del 78,4 % mediante tratamiento biológico híbrido anaerobio y aerobio con tiempo de retención de 54 h. (Shoukat et al., 2019)	Ambiental favorable	Proceso extremadamente lento y requisito de gran espacio.

Fuente: Raj, Singh y Bhattacharya, 2022. Treatment of textile industry wastewater based on coagulation-flocculation aided sedimentation followed by adsorption: Process studies in an industrial ecology concept.

HRAP proporciona condiciones especiales para el crecimiento de estos organismos y se puede utilizar para el tratamiento de aguas residuales. No obstante, se puede encontrar *Desmodesmus sp.*, *Micractinium sp.*, *Actinastrum sp.*, *Pediastrum sp.*, *Dictyosphaerium sp.* y *Coelastrum sp.*, que son algunas especies que tienden a

formar colonias grandes (diámetro: 50-200 μm) que se asientan fácilmente, lo que hace que la recolección de biomasa sea fácil y rentable (Cerón et al., 2015).

Según Mansour et al. (2022), un adsorbente novedoso, sostenible y ecológicamente aceptable para eliminar tóxico textil teñir (Ismate Violet 2R (IV2R)) de una solución acuosa. El adsorbente de bajo costo se preparó a partir de nanopartículas de algas marinas de la especie, *Pterocladia capillacea*. El rendimiento de adsorción de la nano-*Pterocladia capillacea* preparada se optimizó mediante el ajuste de parámetros operativos como el inicial teñir concentración de 60 mg L⁻¹, pH de 2 y tiempo de contacto de 15 min, todos obtenidos mediante experimentos por lotes en el laboratorio. En las condiciones óptimas, el adsorbente preparado tuvo una eficacia de eliminación máxima del 87,2 %.

Según Motik, Chegani y Blaghen (2022), en particular métodos biológicos, utilizando materiales biosorbentes como las algas *Plocamium cartilagineum*, como biosorbente para la eliminación efectiva de Cibacron Blue en términos de capacidad de biosorción, disponibilidad y bajo costo.

La capacidad de adsorción óptima es el resultado de la interacción óptima entre los sitios activos del adsorbente y los iones metálicos disueltos. La mayoría de los estudios muestran que una mayor dosis de sorbente proporciona más sitios para la captura o unión de iones metálicos. En otras palabras, aumenta la probabilidad de colisión del adsorbente con los iones metálicos, mejorando así la eficiencia de eliminación. Algunos estudios que utilizan adsorbentes en algas también informaron un efecto significativo de la dosis de adsorbente, donde las dosis más altas pueden proporcionar mayores tasas de eliminación de metales (Znad, Awualy Martini, 2022, p. 4).

Para que la biomasa se utilice como adsorbente, debe prepararse adecuadamente. El proceso de producción puede utilizar métodos de activación físicos, térmicos, químicos o combinados. Para el tratamiento físico se pueden utilizar algunas técnicas estándar como el lavado, el secado ligero, la molienda o la reducción del tamaño de partícula de la biomasa. Debido a las propiedades naturales de la biomasa, el rango de temperatura de secado generalmente debe establecerse por debajo de los 100 °C, y es posible que este método no requiera técnicas especiales

como la impregnación química y la magnetización [75]. Por lo tanto, la mayor parte de la investigación comienza con la síntesis de biosorbentes utilizando algunos procedimientos físicos bien definidos (Zhad, Awual y Martini, 2022, p. 6).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada

Cuando el objetivo de la investigación es adquirir nuevos conocimientos destinados a resolver problemas prácticos (Álvarez, 2020, p. 3).

Tiene como objetivo investigar una problemática y aportar nueva información que se pueda utilizar de manera teórica, además, esta investigación permite recopilar información para resolver necesidades sociales (Baena, 2017, p. 18).

Diseño de investigación: cualitativa

Los fenómenos también se investigan sistemáticamente con un enfoque cualitativo. Sin embargo, en lugar de comenzar con una teoría y "darle la vuelta" al mundo empírico para ver si está respaldado por datos y hallazgos, los investigadores examinan los hechos mismos y revisan investigaciones anteriores. A la vez, desarrollamos una teoría que se ajusta a lo que observamos (Hernández, 2020, p. 46).

3.2. Cualitativo (Categorías, Subcategorías y Matriz de Categorización)

Aquí analizamos nuestros objetivos específicos, los cuales fueron divididos en categorías: O.E1. Identificar los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil (Contaminantes en los efluentes de la industria texti); O.E2. Establecer parámetros para el tratamiento de efluentes de la industria textil (Parámetros para el tratamiento de efluentes) y el O.E3. Determinar la especie de macroalga marina roja más eficiente en el tratamiento de efluentes de la industria textil (Especies de macroalgas rojas para el tratamiento de efluentes).

3.3. Escenario de estudio

Esto se refiere al sitio, lugar o contexto donde se darán las investigaciones del artículo (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018, p. 62).

Este estudio excluye escenarios de investigación claros ya que este estudio es una revisión sistemática.

3.4. Participantes

En este estudio se buscaron artículos en las siguientes revistas electrónicas: Scielo, Scopus y Web of science. De estas bases de datos se obtuvieron los siguientes artículos: Sciencedirect y Springerlink, las revistas más importantes para desarrollar este artículo de revisión son: Scielo y Scopus.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018), la técnica es el medio o herramienta que hace posible implementar un método. Por ejemplo, métodos cualitativos, observaciones, entrevistas, análisis de contenido, grupos focales. Por otro lado, los métodos de recopilación de información son los medios de recolección de datos o información basados en la administración de encuestas, las cuales pueden ser entrevistas y observaciones o cuestionarios, escalas, pruebas, listas de cotejo (p. 120).

La técnica de recopilación de datos es la forma en que los investigadores intentan recopilar información. Por lo tanto, elegir una técnica requiere definir el problema, las características, las propiedades, las variables y los recursos de la unidad de análisis (Vásquez, 2020, p. 59).

Por su parte, del análisis documental se obtiene información sin intermediarios y se registra, registra, recopila y clasifica; se puede encontrar en libros, revistas físicas o electrónicas, páginas web, documentos, informes, artículos, etc (Vásquez, 2020, p. 86).

Aquí la técnica e instrumento es el análisis documental, ya que como investigadores seleccionamos y utilizamos información, la estudiamos y comprobamos su validez. Además, dependiendo del tema del proyecto, la

información se obtendrá de estudios y documentos de diversos autores o fuentes científicas.

3.6. Procedimiento

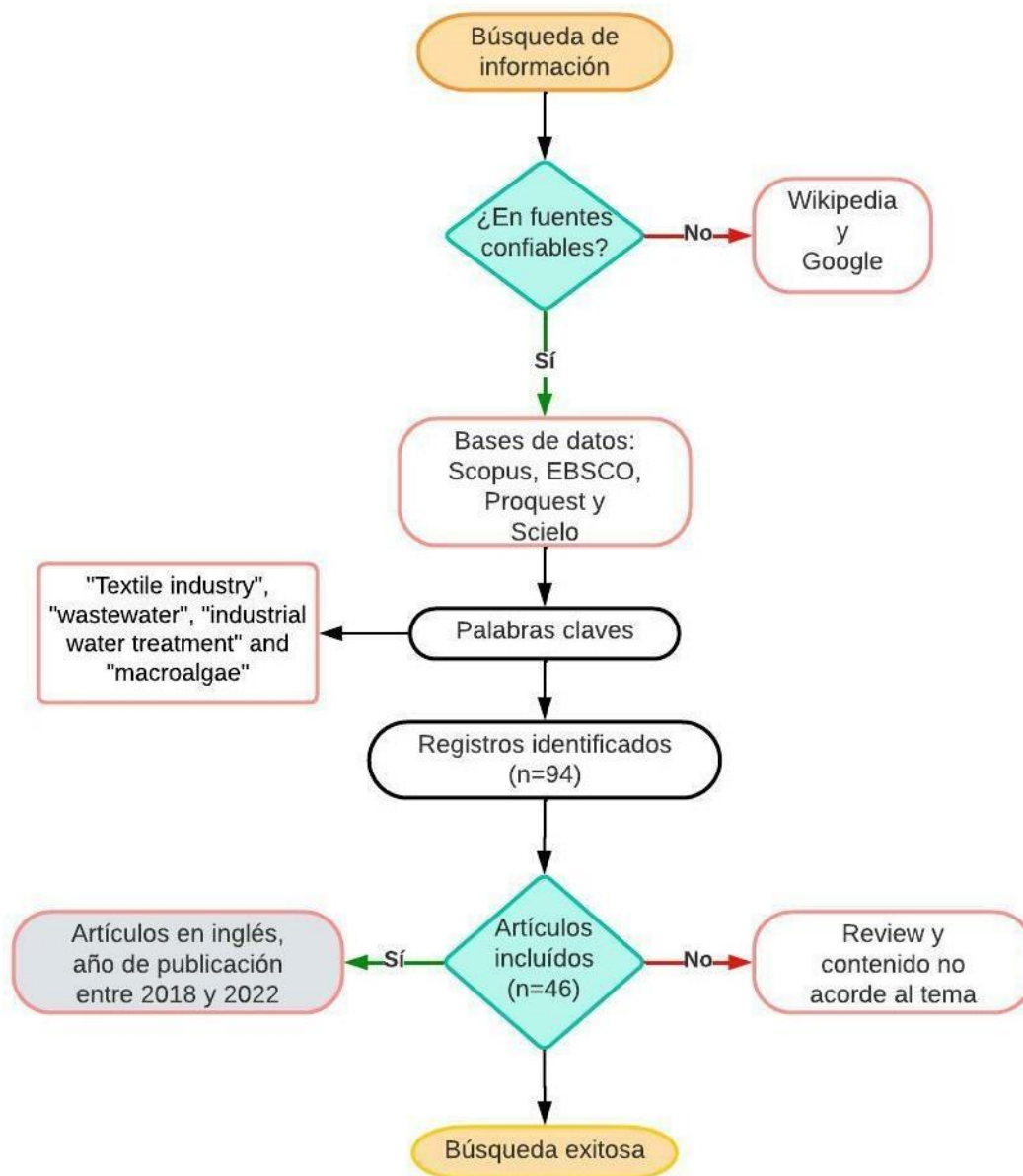


Figura 3. Procedimientos de elección de artículos

Para ejecutar el programa se utilizan palabras claves o keywords para buscar artículos e información que son las siguientes: "wastewater treatment or red marine macroalgae or water pollution". Para ello se revisaron artículos aplicando algunos criterios como artículos en inglés y un rango de años de

publicación entre 2018 y 2022, excluyendo en su mayoría, los que no cumplan con los requisitos. Los artículos destacados se revisan en función de los datos necesarios para el artículo de revisión.

3.7. Rigor científico

Dependencia: Se refiere al nivel de confianza de los resultados; o sea que, los estudios realizados por distintos indagadores brindan información y resultados similares cuando se recopilan (Hernández, 2014, p. 453).

Por ello, este proyecto selecciona y recopila diversos datos necesarios sobre el tratamiento de aguas residuales de distintas industrias o domésticas.

Credibilidad: Es la "validez" del estudio. Quien investiga debe recopilar información experimental completa y consistente basada en el enunciado del problema y luego reportarla de manera consistente y precisa (Hernández, 2014, p. 455).

Para el proyecto, la credibilidad se basa en artículos sobre las algas marinas que aportan en el tratamiento de aguas residuales, además de investigar cuales son los principales contaminantes.

Transferencia: Quien investiga traslada soluciones posibles a otro contexto. La derivación es la identificación de similitudes entre el contenido que se prueba y otro contenido que requiere resultados diferentes (Hernández, 2014, p. 458).

En relación a este proyecto, se puede determinar un cierto grado de paralelismo con otros estudios sobre la variedad de experimentos sobre el tratamiento de aguas residuales.

Confirmación: Esto está relacionado con la credibilidad, lo que significa desarrollar confianza en la información recopilada, analizados por los investigadores y tratar de probar su autenticidad con respecto a la fuente (Hernández, 2014, p. 459).

El proyecto incluyó los respectivos estudios de tratamiento de aguas residuales de los investigadores. Este artículo se basa en experimentos de

otros autores, que han sido publicados en revistas científicas, entre otras, que confirman la información recogida.

3.8. Método de análisis de datos

La información recolectada en este artículo se basa en las categorías del mismo, siendo estas, i) Contaminantes en los efluentes de la industria textil, ii) Parámetros para el tratamiento de efluentes, iii) Especies de macroalgas rojas para el tratamiento de efluentes. En la categoría i, se identificarán los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil; además de resultados y conclusiones que se pueden obtener de los artículos científicos recogidos. Respecto a la categoría ii, se establecerán ciertos parámetros para la medición del nivel de contaminación de estos efluentes. Por último, en la categoría iii, se determinará la especie de macroalga marina roja procesada más eficiente para el tratamiento de efluentes de una planta textil.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos se tuvieron en cuenta en la elaboración del artículo mediante la búsqueda de fuentes de información auténticas y transparentes (por ejemplo, bases de datos confiables) y citas relevantes de acuerdo con las normas pertinentes (ISO 690), respetando la autenticidad de cada autor.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 3. Identificar los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil

Autor	Actividad originaria de Agua Residual	Principal contaminante
Mansour et al., 2022	Industria Textil	tinte textil tóxico (Ismate Violet 2R (IV2R))

Motik, Cheg다니 y Blaghen, 2022	Industria Textil	tinte textil (Cibacron Blue).
Ahmed et al., 2019	Industria Textil	colorante azul de metileno (MB).
Cirillo et al., 2021	Industria Textil	azul de metileno (MB), rodamina B (RD) y rosa de bengala (BR).
Gowriboy et al., 2022	Industria Textil	azul de metileno (MB), rodamina (Rh. B), ácidos, etc. Azul (AB), rojo Congo (CR) y Naranja de metilo (MO).
Yadav et al., 2022	Industria Textil	Nanoláminas de nitruro de boro hexagonal (h-BN) y nanoflores de óxido de zinc (ZnO).
Ghanbari et al., 2022	Industria Textil	Tintes Sintéticos
Viray y S. K, 2021	Industria Textil	romo y níquel
Barrows et al., 2018	Industria Textil	microfibras sintéticas (poliéster, el acrílico y el nailon)

De acuerdo con la Tabla 3 los contaminantes de la industria textil encontrados en las aguas contaminadas según Mansour et al. (2022) encontró tinte textil tóxico (Ismate Violet 2R (IV2R)). Sin embargo, Ahmed et al. (2019) identificó el

contaminante como colorante azul de metileno (MB) como principal contaminante de la industria textil. Por otro lado, Motik, Chegdani y Blaghen (2022) encontraron otro contaminante que es el tinte textil (Cibacron Blue), Sin embargo, Cirillo et al., (2021) nos dice que identificó los siguientes contaminantes azul de metileno (MB), rodamina B (RD) y rosa de bengala (BR). Gowriboy et al. 2022 nos dice que identificaron contaminantes como azul de metileno (MB), rodamina (Rh. B), ácidos, etc. Azul (AB), rojo Congo (CR) y Naranja de metilo (MO). Por otro lado, Yadav et al., 2022 identificaron Nanoláminas de nitruro de borro hexagonal (h-BN) y nanoflores de óxido de zinc (ZnO), provenientes de la industria textil. Sin embargo, Ghanbari et al., 2022 nos dice que obtuvieron como resultado de su investigación hallazgos de tintes sintéticos. No obstante, Viray y S.K, 2021 nos dicen que identificaron como contaminantes de la industria textil dos contaminantes que son el cromo y el níquel y Barrows et al., 2018 nos dicen que ellos encontraron microfibras sintéticas (poliéster, acrílico y el nailon) en las aguas residuales de la industria textil.

A continuación, se presenta la Tabla 4 donde se mencionan los principales contaminantes de las residuales tomando en cuenta a los autores, actividades originarias de Agua Residual y principal contaminante.

Tabla 4. Parámetros para el tratamiento de efluentes de la industria textil

AUTO R	Tratamien tos de absorción (macroalg a marina roja) / Tratamien to Electroquí micos	Aplicación	Parámetros	Contaminan te
			<hr style="width: 100px; margin-left: 0;"/> Tiempo T° en contact o	pH concentració n inicial

Mansour et al., 2022	Pterocladia capillacea	Absorbente que se preparó a partir de la forma de nanopartículas (nano-Pterocladia capillacea).	15 min		2	60 mg/L	tinte tóxico (Ismate Violet 2R (IV2R))	textil
Motik, Chegdan i y Blaghen, 2022	P. cartilagineum	El biosorbente demuestra su potencial en efectos capacidad de biosorción, disponibilidad y bajo costo.	12 min	25°	2	60 mg L	tinte (Cibacron Blue)	textil
Ahmed et al., 2019	Gelidiella acerosa	El biocarbón usado para la adsorción de MB.	24 h	30 °C		25- 400 mg/L	colorante azul de metileno (MB)	de
Guillen et al., 2021	Electrocoagulación interrumpida	Electrocoagulación interrumpida	10 min	22.6°	7.65	608 mg/L	Efluentes de lana	
Tibebe et al., 2022	electrodos de aluminio	electrocoagulación	30 min	30.38°	4 a 9	4.5 a 8 mg/L	efluente de aluminio	textil

Priyadarshi, Raval y Trivedi, 2022	biomoléculas naturales (quitosano-CS)	síntesis rápida de nanocompuestos (CS@ZnO)	210 min	25°	2	350 mg/L	Colorante naranja de metilo (MO)
---	---------------------------------------	--	---------	-----	---	----------	----------------------------------

Tabla 5. Caracterización del efluente tratado tras diferentes procesos de tratamiento

Parámetros	Unidad	Después de la sedimentación asistida por floculación	Después de la coagulación-adsorción
Color	mg Pt-Co/L	171.51	9.96
pH	–	7.6	6.9
TDS	miligramos por litro	400.25	110.21
Cloruro	miligramos por litro	486.71	224.96

Fuente: Raj, Singh y Bhattacharya, 2022. Treatment of textile industry wastewater based on coagulation-flocculation aided sedimentation followed by adsorption: Process studies in an industrial ecology concept

De acuerdo a la Tabla 4, según Mansour et al. (2022), al trabajar con la macroalga marina roja *Pterocladia Capillacea*, obtuvo como resultado que la misma se usó como absorbente el cual fue preparado a partir de la forma de nanopartículas (nano-*Pterocladia capillacea*), para tratar aguas residuales de industria textil, la cual tuvo parámetros como ph y tiempo en contacto con el agua residual. Mientras que Motik, Chegani y Blaghen (2022), en su investigación su resultado fue que usando la macroalga marina roja *P. cartilagineum* tomando en cuenta parámetros como temperatura y Ph; demostrando así la capacidad de biosorción del contaminante. Por otro lado, Ahmed et al. (2019), convirtió la macroalga marina roja *Gelidiella acerosa* en biocarbón para tratar las aguas residuales textiles teniendo las características de tamaño de poro promedio y un volumen de poro de 926,39

m²/g, 2,45 nm y 0,57 cm³/g, respectivamente; donde ciertos parámetros son tomados en cuenta como temperatura, Ph y concentración inicial. Por otro lado en los tratamientos electroquímicos Guillen et al. (2021), nos dicen que para electrocoagulación interrumpida se evaluaron los siguientes parámetros DQO y la remoción de especies oxidables, distancia entre electrodos y tiempo de residencia, por otro lado Tibebe et al. (2022), nos dice que en la electrocoagulación se evaluaron parámetros tales como pH, conductividad eléctrica (CE); turbidez, (DBO), amoníaco; el nitrato, el nitrito, el nitrógeno total (TN) y el fosfato, para el efluente de aluminio. Sin embargo, Priyadarshi, Raval y Trivedi (2022) nos dicen que los parámetros que usaron para la reducción de la contaminación del efluente por colorante naranja de metilo (MO) fueron pH, concentraciones de colorante, tiempos de reacción y temperatura.

Tabla 6. Especies de macroalga marina más eficientes en tratamiento de efluentes de la industria textil

Autor	Tratamientos de absorción (macroalga marina roja) / Tratamiento Electroquímicos	Eficiencia	Principal contaminante
Mansour et al., 2022	<i>Pterocladia capillacea</i>	El adsorbente preparado tuvo una eficacia de eliminación máxima del 87,2 %.	Tinte textil tóxico (Ismate Violet 2R (IV2R))
Motik, Chegiani y Blaghen, 2022	<i>P. cartilagineum</i>	Se obtuvo que la capacidad de absorción fue de 25,83 mg/g.	Tinte textil (Cibacron Blue)

Ahmed et al., 2019	<i>Gelidiella acerosa</i>	Se obtuvo una alta capacidad de adsorción del biocarbón y los componentes minerales prístinos promovieron una alta capacidad de adsorción de 512,67 mg/g de MB a 30 °C.	Colorante azul de metileno (MB)
Latinwo et al., 2019	Algas verdes (clorofila)	Los resultados finales fueron que la eficiencia de adsorción por biomasa de algas verdes es 87,5%, 99,9%, 59,8%, 57.2%, 100% y 86.8.	Metal pesado procedente de agua residual textil (Fe, Ca, Mg, K, Ag y Cr)
Znad, Awual y Martini, 2022	Algas Pardas (<i>Cystoseira barbata</i> y <i>Cystoseira crinita</i>) y <i>Sargassum dentifolium</i>	El resultado final obtenido fue que se pudo retener en un 45% de Cr (VI) concentración inicial de metal de 100 ppm.	Cr (III) y Cr (VI)

Guillen et al., 2021	Electrocoagulación interrumpida	Un efecto significativo sobre la DQO y la remoción de especies oxidables.	Efluentes de lana
-------------------------	---------------------------------	---	-------------------

De acuerdo a la Tabla 6 Mansour et al. (2022), nos dice que los contaminantes por la industria textil se usó para biorremediar con un absorbente a base de macroalga roja *Pterocladia capillacea* el cual tuvo una eficacia de eliminación máxima del 87,2 % , pero Motik, Chegiani y Blaghen (2022), nos dice que para la biorremediación de los contaminante textil cibacron blue se usó la macroalga roja *Plocamium cartilagineum* de la cual se tuvo como resultado que la capacidad de absorción fue de 25,83 mg/g, sin embargo Ahmed et al. (2019) usa biocarbón a base de la macroalga roja *Gelidiella acerosa* para biorremediación de aguas contaminadas por la industria textil con colorante azul de metileno y donde el tamaño de poro promedio y un volumen de poro de 926,39 m²/g, 2,45 nm y 0,57 cm³/g, respectivamente y obtuvo una alta capacidad de adsorción de 512,67 mg/g de MB a 30 °C. Por otro lado Latinwo et al., 2019 nos indican que haciendo uso de las macroalgas verdes redujeron el porcentaje de contaminación en las aguas que tenían metales pesados como el Fe, Ca, Mg, K, Ag y Cr procedente de agua residual textil siendo la reducción del 87,5%, 99,9%, 59,8%, 57.2%, 100% y 86.8 en el tiempo de 60° min y más no en 180° como lo dicen anteriores investigadores. Sin embargo Znad, Awualy Martini, 2022 nos dicen que haciendo uso de la biomasa de algas pardas Algas Pardas (*Cystoseira barbata* y *Cystoseira crinita*) y *Sargassum dentifolium* se limpió varias veces con agua destilada antes de secarla dos veces con luz solar natural y un horno de laboratorio durante unas 24 horas a 60 °C. el rango de la homogeneización de partículas fue 100 y 800 µm, teniendo un un pH ácido de 4,5 Cr(VI) y Cr(III) a un pH extremadamente ácido de 2,0, logrando retener el 45% del Cr(VI) con una concentración inicial de metal de 100 ppm y con el alga *Sargassum dentifolium* el Cr(VI), en el cual al alga se le aplicaron tratamientos de preparación comunes como lavado, secado en un horno a 50 °C y reducción de tamaño, se obtuvo que un 99,68 % del metal objetivo podría

adsorberse con una dosis de adsorbente de 1,50 g, un tamaño de partícula de 0,3868 µm y una concentración inicial de metal de 100 ppm. Por otro lado, Guillen et al., 2021 nos dicen que los efluentes de lana tratados con electrocoagulación interrumpida tienen un efecto significativo sobre la DQO y la remoción de especies oxidables fue mayor (91,43%) a 5 V, distancia entre electrodos 2 cm y tiempo de residencia 30 min.

V. CONCLUSIONES

- Se analizaron 3 principales procesos de macroalga para el tratamiento de efluentes de la industria textil, los cuales fueron: nano-*Pterocladia capillacea*, biosorbente y biocarbón, cada uno con una especie distinta de macroalga marina roja.
- Los contaminantes de las aguas residuales textiles son diversos, siendo el más potencial, el azul de metileno, seguido del naranja de metileno, los cuales dentro de la cantidad total de colorantes expulsados viene a ser una cantidad alrededor de 700 000 toneladas.
- Los parámetros que se evaluaron para el tratamiento de efluentes de la industria textil fueron tanto físicos, como químicos, los cuales son ph, temperatura, concentración inicial y DQO.
- Las principales especies de macroalga marina roja que se utilizaron en el tratamiento de efluentes de la industria textil, son la *Pterocladia capillacea*, *P. cartilagineum* y *Gelidiella acerosa*, siendo esta última la más económica y eficiente, puesto que puede ser reutilizada hasta 7 veces sin perder su capacidad de adsorción.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar proyectos experimentales sobre la utilización de las principales macroalgas marina rojas (*Pterocladia capillacea*, *P. cartilagineum* y *Gelidiella acerosa*) procesadas y evaluar la más eficiente para la adsorción de metales pesados en los efluentes de la industria textil.
- Se recomienda realizar investigaciones para determinar el proceso más eficiente para adsorber el azul de metileno en los efluentes de la industria textil.

- De utilizarse el método físico para la activación de la biomasa en el biosorbente y la técnica del secado, se recomienda contemplar el rango de temperatura por debajo de los 100 °C, y no utilizar técnicas químicas.
- Se recomienda analizar distintos métodos de tratamiento de efluentes de la industria textil con la utilización de macroalgas marinas rojas para ampliar el estudio e investigación de esta rama.

REFERENCIAS

1. CERÓN HERNÁNDEZ, Víctor Alfonso, Carlos Arturo MADERA PARRA y Miguel PEÑA VARÓN. Using high rate algal ponds for wastewater treatment. *Ingeniería y Desarrollo* [en línea]. 2015, 33(1), 98–125 [consultado el 15 de octubre de 2022]. ISSN 2145-9371. Disponible en: doi:10.14482/inde.33.1.5318
2. HAYASHI, Leila et al. Cultivation of red seaweeds: a Latin American perspective. *Journal of Applied Phycology* [en línea]. 2013, 26(2), 719–727. ISSN 1573-5176 [consultado el 16 de octubre de 2022]. Disponible en: doi:10.1007/s10811-013-0143-z
3. ARAKAKI, Natalia et al. The widely distributed, edible seaweeds in Peru, *Chondracanthus chamissoi* and *Chondracanthus chamissoi* f. *glomeratus* (Gigartinales, Rhodophyta), are morphologically diverse but not phylogenetically distinct. *Journal of the World Aquaculture Society* [en línea]. 2021. ISSN 1749-7345 [consultado el 16 de octubre de 2022]. Disponible en: doi:10.1111/jwas.12849
4. HARB, Talissa Barroco y Fungyi CHOW. An overview of beach-cast seaweeds: Potential and opportunities for the valorization of underused waste biomass. *Algal Research* [en línea]. 2022, 62, 102643. ISSN 2211-9264 [consultado el 16 de octubre de 2022]. Disponible en: doi:10.1016/j.algal.2022.102643
5. COUDERT, E., E. BAÉZA y C. BERRI. Use of algae in poultry production: a review. *World's Poultry Science Journal* [en línea]. 2020, 76(4), 767–786. ISSN 1743-4777 [consultado el 16 de octubre de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/00439339.2020.1830012
6. CHEN, Xikai et al. Co-fermentation of waste steamed bun and municipal wastewater towards energy recovery for wastewater treatment plant. *Chemical*

- Engineering Journal* [en línea]. 2023, 452, 139219 [consultado el 17 de octubre de 2022]. ISSN 1385-8947. Disponible en: doi:10.1016/j.cej.2022.139219
7. BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. 3.^a ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2017 [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales de consulta/Drogas de A buso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf) ISBN:9786077447481.
 8. SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos, Mejía, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística [en línea]. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018 [fecha de consulta: de 21 de octubre de 2022]. Disponible en <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf> ISBN: 9786124735141
 9. VÁSQUEZ, War. Metodología de la investigación: Manual del estudiante. Lima: Universidad de Santa Anita, 2020. 139 pp. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022]. Disponible en <https://www.usmp.edu.pe/iced/instituto/organizacion/contenido-web/mi1-metodologia-de-la-evaluacion.pdf>
 10. Hernández, Roberto. Metodología de la investigación [en línea]. 6^a ed. Mexico DF:interamericaca editores, s.a. de C.V, 2014 [fecha de consulta: 22 de octubre de 2022]. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> ISBN: 978145622390
 11. R, Abdallah Tageldein et al. Do Red Seaweed Nanoparticles Enhance Bioremediation Capacity of Toxic Dyes from Aqueous Solution? *Gels* [en línea]. 2022, **8**(5), 310 [consultado el 25 de octubre de 2022]. ISSN 2310-2861. Disponible en: doi:10.3390/gels8050310
 12. WEERAKKODY, W. Sanjaya et al. Carbon capture by macroalgae *Sarcodia suaee* using aquaculture wastewater and solar energy for cooling in subtropical regions. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2022, 158850 [consultado el 25 de octubre de 2022]. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2022.158850
 13. AHMED, M. J. et al. High-performance porous biochar from the pyrolysis of natural and renewable seaweed (*Gelidiella acerosa*) and its application for the

- adsorption of methylene blue. *Bioresource Technology* [en línea]. 2019, **278**, 159–164 [consultado el 25 de octubre de 2022]. ISSN 0960-8524. Disponible en: doi: 10.1016/j.biortech.2019.01.054
14. KUMAR, Vinay y S. K. DWIVEDI. A review on accessible techniques for removal of hexavalent Chromium and divalent Nickel from industrial wastewater: Recent research and future outlook. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2021, **295**, 126229 [consultado el 25 de octubre de 2022]. ISSN 0959-6526. Disponible en: doi:10.1016/j.jclepro.2021.126229
15. VIZCANO MENDOZA, Lissette y Natalia FUENTES MOLINA. Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea]. 2015, **25**(1), 43 [consultado el 25 de octubre de 2022]. ISSN 1909-7735. Disponible en: doi:10.18359/rcin.432
16. ARUMUGAM, Nithiya et al. Treatment of Wastewater Using Seaweed: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2018, **15**(12), 2851 [consultado el 25 de octubre de 2022]. ISSN 1660-4601. Disponible en: doi:10.3390/ijerph15122851
17. CERÓN HERNÁNDEZ, Víctor Alfonso, Carlos Arturo MADERA PARRA y Miguel PEÑA VARÓN. Using high rate algal ponds for wastewater treatment. *Ingeniería y Desarrollo* [en línea]. 2015, **33**(1), 98–125 [consultado el 26 de octubre de 2022]. ISSN 2145-9371. Disponible en: doi:10.14482/inde.33.1.5318
18. VALVERDE VALVERDE, María Alejandra, Carolina DELGADO HURTADO y Carlos Felipe RENGIFO RODAS. Panorama cuantitativo de la biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. 2020, **19**(1), 79–91 [consultado el 26 de octubre de 2022]. ISSN 1909-9959. Disponible en: doi:10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1567
19. R, Shiam Babu y Prasanna K. A novel adsorption process for the removal of salt and dye from saline textile industrial wastewater using a three-stage reactor with surface modified adsorbents. En línea. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 10 (diciembre de 2022), n.º 6, p. 108729. ISSN 2213-3437. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108729>. [consultado el 13/11/2022].

20. SINGH, Ram Lakhan. *Present Status of Biodegradation of Textile Dyes*. En línea. *Current Trends in Biomedical Engineering & Biosciences*, vol. 3 (abril de 2017), n.º 4. ISSN 2572-1151. Disponible en: <https://doi.org/10.19080/ctbeb.2017.03.555618>. [consultado el 14/11/2022].
21. BRAÑEZ SÁNCHEZ, Marco. *Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil*. En línea. *Campus*, vol. 23 (diciembre de 2018), n.º 26, pp. 129–143. ISSN 2523-1820. Disponible en: <https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n26.03>. [consultado el 13/11/2022].
22. KELISHADI, Roya. Environmental pollution: health effects and operational implications for pollutants removal. *Journal of Environmental and Public health*, 2012, vol. 2012.
23. CHMIELEWSKI, Szymon. Chaos in motion: Measuring visual pollution with tangential view landscape metrics. *Land*, 2020, vol. 9, no 12, p. 515.
24. YADAV, Anshul, Raj Vardhan PATEL, Prachi AWASTHI, Niraj SINHA y Pawan K. LABHASETWAR. *Hexagonal boron nitride nanosheets incorporated photocatalytic polyvinylidene fluoride mixed matrix membranes for textile wastewater treatment via vacuum-assisted distillation*. En línea. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 653 (noviembre de 2022), p. 129955. ISSN 0927-7757. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.129955>. [consultado el 13/11/2022].
25. GHANBARI, Sobhan, Ali FATEHIZADEH, Mehdi KHIADANI, Ensiyeh TAHERI y Hafiz M. N. IQBAL. *Treatment of synthetic dye containing textile raw wastewater effluent using UV/Chlorine/Br photolysis process followed by activated carbon adsorption*. En línea. *Environmental Science and Pollution Research*, febrero de 2022. ISSN 1614-7499. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18860-5>. [consultado el 13/11/2022].
26. CIRILLO, Giuseppe, Manuela CURCIO, Lorenzo Francesco MADEO, Francesca IEMMA, Giovanni DE FILIPO et al. *Carbon Nanotubes Hybrid*

- Hydrogels for Environmental Remediation: Evaluation of Adsorption Efficiency under Electric Field*. En línea. *Molecules*, vol. 26 (noviembre de 2021), n.º 22, p. 7001. ISSN 1420-3049. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules26227001>. [consultado el 13/11/2022].
27. S, Dawn S. y Vinita VISHWAKARMA. *Recovery and recycle of wastewater contaminated with heavy metals using adsorbents incorporated from waste resources and nanomaterials*. En línea. *Chemosphere*, vol. 273 (junio de 2021), p. 129677. ISSN 0045-6535. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129677>. [consultado el 13/11/2022].
28. GUILLÉN ZEVALLOS, María Ofelia, Virginia PÉREZ MURILLO, Tania QUISPE CARRIZALES, María Elena TALAVERA NÚÑEZ y Flora Elsa HUAMÁN PAREDES. *TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO DE LOS EFLUENTES DEL PROCESO DE LAVADO DE LANA EN UNA INDUSTRIA TEXTIL DE AREQUIPA*. En línea. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 86 (marzo de 2021), n.º 4, pp. 428–438. ISSN 2309-8740. Disponible en: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i4.312>. [consultado el 13/11/2022].
29. RAJ, Sankalp, Hemant SINGH y Jayanta BHATTACHARYA. *Treatment of textile industry wastewater based on coagulation-flocculation aided sedimentation followed by adsorption: Process studies in an industrial ecology concept*. En línea. *Science of The Total Environment*, vol. 857 (enero de 2022), p. 159464. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159464>. [consultado el 13/11/2022].
30. BARROWS, A. P. W.; CATHEY, Sara E.; PETERSEN, Christopher W. Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental pollution*, 2018, vol. 237, p. 275-284. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.062>. [consultado el 13/11/2022].
31. SRIDHARAN, Srinidhi, et al. The polymers and their additives in particulate plastics: What makes them hazardous to the fauna?. *Science of The Total*

- Environment*, 2022, p. 153828. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153828>. [consultado el 13/11/2022].
32. GOWRIBOY, N., R. KALAIVIZHI, M. R. GANESH y K. A. ASWATHY. *Development of thin film polymer nanocomposite membrane (ZIF-8@PSf/CS) for removal of textile pollutant and evaluating the effect of water samples on human monocytic cell lines (THP-1) using flow cytometer*. En línea. *Journal of Cleaner Production*, septiembre de 2022, p. 134399. ISSN 0959-6526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134399>. [consultado el 13/11/2022].
33. AZANAW, Aklilu, Bantamlak BIRLIE, Bayu TESHOME y Muluken JEMBERIE. *Textile effluent treatment methods and eco-friendly resolution of textile wastewater*. En línea. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 6 (diciembre de 2022), p. 100230. ISSN 2666-0164. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100230>. [consultado el 08/11/2022].
34. TAYIBI, Saida, Florian MONLAU, Nour-Elhouda FAYOUD, Emna ABDELJAOUED, Hassane HANNACHE et al. *Production and Dry Mechanochemical Activation of Biochars Derived from Moroccan Red Macroalgae Residue and Olive Pomace Biomass for Treating Wastewater: Thermodynamic, Isotherm, and Kinetic Studies*. En línea. *ACS Omega*, diciembre de 2020. ISSN 2470-1343. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04020>. [consultado el 13/11/2022].
35. TIBEBE, Dessie, Almaz NEGASH, Marye MULUGETA, Yezbie KASSA, Zerubabel MOGES et al. *Investigation of selected physico-chemical quality parameters in industrial wastewater by electrocoagulation process, Ethiopia*. En línea. *BMC Chemistry*, vol. 16 (septiembre de 2022), n.º 1. ISSN 2661-801X. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00865-3>. [consultado el 13/11/2022].
36. MOLDOVAN, Simona, Eva BOU-BELDA, Esther FRANCO, Marcela FERRANDIZ, Jaime GISBERT-PAYÁ et al. *Wastewater effluents analysis*

- from sustainable algae-based blue dyeing with phycocyanin*. En línea. Textile Research Journal, septiembre de 2022, p. 004051752211194. ISSN 1746-7748. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/00405175221119419>. [consultado el 13/11/2022].
37. PRIYADARSHI, Gautam, Nirav P. RAVAL y Mrugesh H. TRIVEDI. *Microwave-assisted synthesis of cross-linked chitosan-metal oxide nanocomposite for methyl orange dye removal from unary and complex effluent matrices*. En línea. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 219 (octubre de 2022).
38. MOTIK, Chouaib; CHEGDANI, Fatima; BLAGHEN, Mohamed. The biosorption potential of *Plocamium cartilagineum* algal biomass for the elimination of the synthetic dye Cibacron Blue. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 2022, vol. 15, no 1, p. 544-556.
39. *El costo ambiental de estar a la moda*. En línea. Noticias ONU. 12/04/2019. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/04/1454161>. [consultado el 15/11/2022].
40. *Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas*. En línea. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. 21/08/2010. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-descarga-efluentes-liquidos>. [consultado el 15/11/2022].
41. RAWIWAN, Pattarasuda, Yaoyao PENG, I. Gusta Putu Bayu PARAMAYUDA y Siew Young QUEK. Red seaweed: A promising alternative protein source for global food sustainability. En línea. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 123 (mayo de 2022), pp. 37–56. ISSN 0924-2244. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.003>. [consultado el 12/12/2022].
42. COUDERT, E., E. BAÉZA y C. BERRI. Use of algae in poultry production: a review. *World's Poultry Science Journal* [en línea]. 2020, 76(4), 767–786.

- ISSN 1743-4777 [consultado el 12 de diciembre de 2022]. Disponible en:
doi:10.1080/00439339.2020.1830012
43. GARCÍA-POZA, Sara et al. The Evolution Road of Seaweed Aquaculture: Cultivation Technologies and the Industry 4.0. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2020, 17(18), 6528. ISSN 1660-4601 [consultado el 12 de diciembre de 2022]. Disponible en: doi:10.3390/ijerph17186528
44. ROMÁN RIVEROS, María Mercedes. División rodophyta. Orden porphyridiales. Características morfológicas. Multiplicación. Hábitat. Familias. Géneros. Especies. 2016.
45. MATHEICKAL, J. T. y Q. YU. *Biosorption of Heavy Metals from Wastewater Using Australian Biomass*. En línea. *Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing*, vol. 5 (mayo de 2008), n.º 1-2, pp. 101–114. ISSN 0969-1855. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/apj.5500050210>. [consultado el 15/12/2022].
46. ZNAD, Hussein, Md Rabiul AWUAL y Sri MARTINI. *The Utilization of Algae and Seaweed Biomass for Bioremediation of Heavy Metal-Contaminated Wastewater*. En línea. *Molecules*, vol. 27 (febrero de 2022), n.º 4, p. 1275. ISSN 1420-3049. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules27041275>. [consultado el 15/12/2022].

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de categorización de variables.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	UNIDAD DE ANÁLISIS
Identificar los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil.	¿Cuáles son los principales contaminantes encontrados en los efluentes de la industria textil?	Contaminantes en los efluentes de la industria textil	Microfibra	Barrows et al., 2018
				Raj, Singh y Bhattacharya, 2022
			Colorantes	Ahmed et al., 2019
				Motik, Chegiani y

						Blaghen, 2022
						Mansour et al., 2022
Establecer parámetros para el tratamiento de efluentes de la industria textil.	¿Cuáles son los parámetros para el tratamiento de efluentes de la industria textil?	Parámetros para tratamiento de efluentes	el de	Físicos Químicos		Gowriboy et al., 2022 Tibebe et al., 2022, Priyadarshi, Raval y Trivedi, 2022 Raj, Singh, Bhattacharya , 2023.
Determinar especie de	¿Cuál es especie	la de	Especies de	Pterocladia capillacea		Motik, Chegdani y

macroalga marinas rojas más eficiente en tratamiento de efluentes de la industria textil.	macroalga marinas rojas más eficiente en tratamiento de efluentes de la industria textil?	rojas para el tratamiento de efluentes		Blaghen, 2022
			P. cartilagineum	Ahmed et al., 2019
			Gelidiella acerosa	Ahmed et al., 2020



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SILVA CHUQUIPOMA DIEGO HONORATO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática: Tratamiento de efluentes de la industria textil utilizando macroalgas marinas rojas procesadas.", cuyos autores son RAMOS COLONA FATIMA GIANELA, IBAÑEZ BENITES MARIA ELENA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, 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.

TRUJILLO, 17 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SILVA CHUQUIPOMA DIEGO HONORATO DNI: 47196626 ORCID: 0000-0001-9561-087X	Firmado electrónicamente por: DSILVA el 18-12- 2022 19:54:26

Código documento Trilce: TRI - 0493617