



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tipos de Filtro con Carbón Activado en el Tratamiento de la
Calidad de Aguas Residuales para Riego: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORES

Bravo Lifonzo, Angelica Elena (ORCID: 0000-0002-4577-8874)

Vargas Rivas, Gina Lisbeth (ORCID: 0000-0003-0501-3292)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicamos esta Tesis a:

Mis padres Cesar Bravo y Elena Lifonzo, por haberme forjado y ser la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanos Wilder y Jacqueline Bravo Lifonzo y demás familia por el apoyo y aliento en esta etapa de estudio.

A mi novio Enrique Domínguez por brindarme su amor, confianza, comprensión y total paciencia.

A mi hija Elena Domínguez Bravo por ser la razón de esforzarme el día a día, eres mi principal motivación.

Mis padres. Zulema Rivas, gracias por ser mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica y todo lo que soy como persona. Gilber Vargas (†), por el tiempo que estuviste conmigo, compartiendo tus experiencias, consejos y tu amor.

A mis hermanos Jerson, Marco y Brenda Vargas Rivas y demás familia que han sido mi ejemplo y lucha para alcanzar mis metas.

A mi novio Oram Alca por ser mi compañero y soporte en todo momento.

Agradecimiento

A todos nuestros profesores por sus enseñanzas y conocimientos brindados; por el apoyo incondicional durante el periodo de elaboración de tesis para obtener Bachiller en Ingeniería Ambiental. De igual manera un agradecimiento y en especial a nuestro asesor Dr. Sernaque Auccahuasi Fernando por el apoyo, consejos y enseñanza durante este tiempo para poder culminar nuestro trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	22
3.3. Escenario de estudio.....	23
3.4. Participantes.....	23
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.6. Procedimientos.....	24
3.7. Rigor científico.....	25
3.8. Método de análisis de datos.....	27
3.9. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS.....	63

Índice de tablas

Tabla N° 01: Riego en vegetales y bebida de animales.....	14
Tabla N° 02: Directrices y estándares de calidad del agua de riego para la reutilización de aguas residuales en la agricultura.....	15
Tabla N° 03: Composición química del carbón activado.....	16
Tabla N° 04: Diferencia entre Absorción y Adsorción.....	18
Tabla N° 05: Clasificación de los Filtros.....	20
Tabla N° 06. Descripción de parámetros fisicoquímicos que influyen en los tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego.....	32
Tabla N° 07. Descripción de los tipos de filtro con carbón activado que influyen en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego.....	37
Tabla N° 08. Ventajas y desventajas de los tipos de filtro con carbón activado que influyen en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego.....	40

Índice de gráficos

Gráfico N° 01: Tipos de agua.....	11
Gráfico N° 02: Características de aguas residuales.....	12
Gráfico N° 03: Tipos de aguas residuales según su procedencia.....	13
Gráfico N° 04: Propiedades del agua.....	14
Gráfico N° 05: Factores que influyen la adsorción.....	17

Índice de figuras

Figura 1: Países en donde se fueron llevadas a cabo las investigaciones incluidas en la revisión sistemática.....	31
---	----

Resumen

Las aguas residuales (AR) pueden provenir de actividades industriales, agrícolas y uso doméstico del cual se estima que, en el mundo, más del 80% de las AR (superior al 95% en algunos países en desarrollo), se derraman en el entorno sin tratamiento. Asimismo, el problema de los filtros de carbón activado (CA) es la regeneración de este, ya que pasado un tiempo deja de filtrar adecuadamente. El objetivo de la presente investigación fue identificar los tipos de filtros con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego mediante el análisis comparativo de diversos estudios a nivel mundial. Se hizo una revisión sistemática a partir de artículos de investigación publicados en los últimos 10 años, en las bases de datos Scencedirect, Scielo, Redalyc; utilizando las palabras claves “activated carbon filter” y “activated carbon filter, wastewater”, en ellos, se seleccionaron 16 artículos, estos se organizaron según el tipo de filtro, parámetro fisicoquímico y limitaciones. Se encontró que la mayor incidencia en el tratamiento de aguas residuales del tipo de filtro, según el medio filtrante; parámetro fisicoquímico, DQO. Sin embargo, puede depender de muchos factores como el tipo de CA, tipo y calidad del agua residual.

Palabras claves: Aguas residuales, carbón activado, carbón activado granular, carbón activado en polvo, filtro.

Abstract

Wastewater (RA) can come from industrial, agricultural and domestic use of which it is estimated that, in the world, more than 80% of RA (higher than 95% in some developing countries), spills into the environment No treatment. Likewise, the problem with activated carbon (AC) filters is its regeneration, since after a while it stops filtering properly. The objective of this research was to identify the types of filters with activated carbon in the treatment of wastewater quality for irrigation through the comparative analysis of various studies worldwide. A systematic review was made from research articles published in the last 10 years, in the databases Sciencedirect, Scielo, Redalyc; Using the keywords "activated carbon filter" and "activated carbon filter, wastewater", in them, 16 articles were selected, these were organized according to the type of filter, physicochemical parameter and limitations. It was found that the highest incidence in the treatment of wastewater of the filter type, according to the type of filter, physicochemical parameter and limitations. It was found that the highest incidence in the treatment of wastewater of the filter type, according to the filter medium; physicochemical parameter, COD. However, it can depend on many factors such as the type of AC, type and quality of the wastewater.

Keywords: Wastewater, activated carbon, granular activated carbon, powdered activated carbon, filter.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es necesaria e indispensable para la vida sobre la faz de la tierra, es extremadamente más que un beneficio, un recurso, una mercancía; es específicamente un derecho humano y un elemento sustancial (García María et al., 2015, p. 769), por lo tanto, el 70% de la superficie de nuestro planeta es agua, solo el 2,5% del agua de nuestro planeta es agua dulce. Desafortunadamente, ni siquiera toda esa agua dulce se puede usar; gran parte está congelada en los glaciares y atrapada en rocas a gran profundidad. La cantidad de agua dulce que tenemos disponible para usar es solo aproximadamente el 0,007% del agua de nuestro planeta (Aniruddha Pandit y Jyoti Kumar, 2019, p.1).

Las AR pueden provenir de actividades industriales, agrícolas y uso doméstico (Renner Michael, 2017, p. 8), siendo las aguas industriales residuos líquidos con características de tipo industrial y proceso productivo, provenientes de actividad minera, energética, agrícola y agroindustrial (Campoverde Omayra, 2019, p. 41), las aguas domésticas consisten en desechos provenientes de los humanos, que alcanzan las redes de saneamiento a través de descargas de residuos en instalaciones comerciales, públicas y similares (Prado Vanessa, 2015, p. 3).

Se estima que en el mundo, más del 80% de las AR (superior al 95% en algunos países en desarrollo), se derraman en el entorno sin tratamiento (WWAP, 2017, p. v), para 2015, el 71% de la población mundial no tiene un servicio de suministro de agua potable, es decir, ubicado en el lugar de uso, disponible cuando sea necesario (WHO, 2019), esto no solo causa la contaminación de la flora y fauna, incluso enfermedades y muertes prematuras que cuestan varios cientos de miles de millones para el PBI del planeta cada año (Sánchez María, 2017).

En Perú, uno de los primeros problemas relacionados con el tratamiento de las AR se da por la cobertura deficiente de las 50 EPS de Saneamiento existentes (Esteve José, 2019).

En la actualidad el OEFA (2014, p. 16), menciona que de los 2,2 millones de metros cúbicos (m³) de AR que pasan diariamente en las redes de saneamiento en Perú, solo el 32% recibe tratamiento antes de ser liberados en los cuerpos de agua natural (mar, ríos, lagos, quebradas), a menudo son ricas en nutrientes para las plantas que pueden usarse de forma beneficiosa a través del riego (FAO, 2013, p. 37).

En la mayoría de las regiones del mundo, más del 70% del agua dulce se utiliza

para la agricultura. (Khokhar Tariq, 2017).

El problema de los filtros de carbón activado (CA) es la regeneración de este, ya que pasado un tiempo deja de filtrar adecuadamente (Berdonces Josep, 2008, p. 71).

Por lo tanto, el problema general planteado para la investigación es el siguiente: ¿Cuáles son los tipos de filtro con carbón activado que se utiliza en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego?, y los problemas específicos fueron los siguientes: a) ¿Cuáles son los principales parámetros en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego obtenidos a partir de los tipos de filtro con carbón activado?, b) ¿Cuáles son las características de los tipos de filtro con carbón activado que se utiliza en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego?, c) ¿Identificar las limitaciones que presentan los tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego?

La justificación es teórica según Muñoz Iraní (2020), porque aborda el desarrollo de conocimiento o creación de nuevas teorías sobre un tema, se realizó con el propósito de contribuir y aportar al conocimiento existente sobre el uso de los tipos de filtros con CA para el tratamiento de la calidad de AR para riego, y la justificación también es práctica de acuerdo con Ariza Alexander (2017), porque indica la aplicabilidad de la investigación, su proyección de una sociedad, que beneficia un grupo social u organización. Además, ayuda a resolver un problema o, al menos, proponer estrategias, que de aplicarlas contribuirían una solución, WWAP (2019, p. 52), menciona que da una alternativa de tecnología limpia en la reutilización de aguas no tratadas y cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta, y ser incorporado en la ciencia para la educación, el agua que ofrece oportunidades para fortalecer el suministro de agua convencional, especialmente en ciudades que dependen de fuentes de agua más remotas. La WWAP (2017, p. 2), indica que después de ser tratadas también genera ahorros significativos en lo cual hay un aprovechamiento máximo del agua residual tratada, para minimizar su descarga al ambiente.

El objetivo general de la investigación actual es; Identificar los tipos de filtros con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego, para cumplir con este objetivo se propusieron tres objetivos específicos los cuales son; a) Enumerar los principales parámetros en el tratamiento de la calidad de aguas

residuales para riego obtenidos a partir de los tipos de filtro con carbón activado, b) Describir los tipos de filtro con carbón activado para el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego, c) Identificar las limitaciones que presentan los tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego.

II. MARCO TEÓRICO

Baettker Ellen et al. (2018, pp. 1094-1099), en su estudio “Materiales alternativos como medio de soporte de filtros anaeróbicos para el tratamiento de aguas residuales sintéticas”, menciona que el comportamiento de los filtros se evaluó durante un período de 165 días, dividido en etapas I y II con duración de 80 y 85 días, respectivamente. El filtro relleno de CA mostró una eficiencia media de eliminación de DQO del 94%, que oscila entre el 74 y el 99% en el paso I; en II, la eficiencia promedio fue del 79%, variando del 51 al 93%. El agua residual antes de ser tratada el DQO en promedio fue entre 372 ± 615 mg/l después del filtro de CA el DQO en promedio fue entre 1 ± 87 mg/l, el filtro de CA mostró una mejor estabilidad y mayores eficiencias de remoción de DQO.

Feihu Zhang et al. (2020), en su estudio “Utilización de desechos de corteza de Acacia mangium: preparación de carbón activado y adsorción de aguas residuales fenólicas”, el mejor proceso para la preparación de CA a partir de los residuos de corteza de Acacia mangium implica una concentración de ácido fosfórico del 50%, una temperatura de carbonización de 500°C y un tiempo de carbonización de 90 min. En estas condiciones, el CA obtenido de los desechos de la corteza de Acacia mangium en este estudio es 53.04%, y el valor de adsorción de azul de metileno es 6.0 ml/0.1g. En líquido, la capacidad de adsorción del CA aumenta con el contenido inicial de fenol, y el valor más alto ronda los 96,92 mg/g, que se obtiene a 25°C. Este resultado indica que las AR de fenol se absorben muy bien por el CA preparado a partir de los residuos de corteza de Acacia mangium.

Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia (2018, pp. 186-187), en su estudio “Aplicación de la doble filtración con carbón activado granular para la reducción de Atrazina en procesos de tratamiento de agua potable”, con la filtración convencional de arena y antracita se alcanzaron valores mínimos entre 0.05 y 0.09 NTU para las concentraciones 1 y 2, respectivamente; en la segunda filtración con GAC, los valores mínimos obtenidos fueron superiores (entre 0,15 y 0,21 NTU). Otro aspecto importante que podría afectar la turbidez del efluente de la filtración GAC es el lavado del medio adsorbente, el efluente de la filtración convencional varió entre 0.065 y 0.092 cm^{-1} para la concentración 1 y entre 0.075 y 0.098 cm^{-1} para la concentración 2. En cuanto a la segunda filtración con GAC, se obtuvieron valores menores en comparación con la filtración convencional (entre 0.049 y 0.079

cm^{-1}), lo que confirma la mayor capacidad de remoción de compuestos orgánicos (representada en términos de UV_{254}) del medio filtrante GAC.

Fundneider T. et al. (2021, pp. 4-9), en su investigación “Implicaciones de los filtros biológicos de carbón activado para la eliminación de microcontaminantes en el tratamiento de aguas residuales”, en tales filtros, la eliminación de sustancias orgánicas es el resultado de procesos de adsorción y biológicos. Este trabajo investigó el potencial de los procesos biológicos y su influencia en el rendimiento del filtro de GAC. Durante 32 meses, se controló la eliminación de microcontaminantes, carbono orgánico disuelto (DOC) y el coeficiente de absorción espectral en seis filtros GAC. Se evaluaron los efectos del pretratamiento (filtración con tela y / o membrana), EBCT (de 6 a 35 min) y tipo GAC. Tanto los experimentos a escala de laboratorio como los experimentales mostraron que el bDOC en el efluente de la EDAR representaba el 20% del total de DOC. El retrolavado fue necesario para controlar el crecimiento de la biopelícula en los filtros GAC. Observamos frecuencias de retrolavado de 0,11/ semana para filtros operados con pretratamiento de membrana y de 1,21/ semana para filtros operados con CF. La temperatura de las AR y las concentraciones de nutrientes también influyeron en la frecuencia del retrolavado. En términos de q DOC, la eliminación biológica extendió la vida útil de los filtros en aproximadamente un 25-42%.

Guillossou Ronan et al. (2021, p. 6), realizaron la investigación “Matrices de excitación/emisión de fluorescencia como herramienta para monitorear la remoción de microcontaminantes orgánicos de efluentes de aguas residuales por adsorción en carbón activado”, se observó una pérdida significativa de intensidad en todas las regiones de EEM después de la adsorción, lo que ilustra la eficiencia del CA para eliminar el DOM fluorescente. La eliminación de DOC, UV_{254} y todos los índices de fluorescencia fue, como la eliminación de OMP, mayor en el piloto industrial en configuración nominal y a escala de laboratorio durante un tiempo de contacto más prolongado, el resultado UV_{254} en promedio fue entre 23 (± 6) %. Aparte del índice F1, cercano al ruido de fondo de los EEM de fluorescencia, la eliminación de UV_{254} y DOC fue la mayoría de las veces más baja que la de los índices de fluorescencia, lo que indica que los restos fluorescentes de DOM se eliminaron preferentemente. Hillebrand Felipe y Domingues Antônio (2020, p. 245), en el desarrollo de su investigación “Pruebas de campo de un sistema de tratamiento de aguas negras in

situ a escala doméstica en Sudáfrica”, la concentración de DQO en el efluente del filtro de arena fue 80% menor que la concentración en agua cruda (0,76 mg/l y 3,73 mg/l, respectivamente). El efluente del filtro CAG mostró una concentración de DQO 18% menor que la del efluente del filtro de arena. La absorción de UV se redujo en un 55% en los efluentes de los filtros de arena y CAG en relación con el agua cruda. La mayor reducción de DQO en relación con la absorción de UV explica el aumento de los valores de AEUV a lo largo de los procesos de tratamiento. En el fraccionamiento rápido, los valores de absorción de UV_{254} disminuyeron de $0,177\text{ cm}^{-1}$ en agua cruda a $0,071$, $0,057$ y $0,049\text{ cm}^{-1}$, respectivamente, en los efluentes de columna con resinas DAX-8, XAD-4 e IRA-958. El mismo patrón se verificó para las muestras de agua decantada y los efluentes de los filtros de arena y CAG. En el agua estudiada, los AMH fueron los principales contribuyentes a la DQO, seguidos de los ALH. Ambas fracciones tuvieron las mayores reducciones durante las etapas de tratamiento del agua. Los gráficos de MHC y MHN tenían concentraciones de DOC cercanas a cero en la mayoría de las muestras analizadas.

Hu Jingyi et al. (2016), realizaron la investigación “Integración de carbón activado en polvo en el filtro terciario de aguas residuales para la eliminación de micro contaminantes”, la integración de carbón activado en polvo (PAC) en el tratamiento terciario de AR es una tecnología prometedora para minimizar la descarga de micro contaminantes orgánicos (OMP) en las aguas receptoras. Los resultados comparativos confirmaron una mayor eficiencia de eliminación de OMP asociada con el filtro preincorporado de PAC, en comparación con el sistema por lotes con un tiempo de residencia de PAC práctico. Además, durante un período de filtración de 10 h (que se aproxima a un ciclo de filtración realista para filtros terciarios), el enfoque de dosificación continua resultó en una menor eliminación de OMP. Por lo tanto, se concluyó que el enfoque de preinclusión se puede considerar preferentemente al integrar el PAC en el tratamiento terciario de AR para la eliminación de OMP, en comparación con el sistema por lotes con un tiempo de residencia práctico del PAC. Por lo tanto, se concluyó que el enfoque de preinclusión se puede considerar preferentemente al integrar el PAC en el tratamiento terciario de AR para la eliminación de OMP.

Lompe Kim; Menard David; Barbeau Benoit (2016), elaboraron la investigación “Rendimiento del carbón activado en polvo magnético biológico para la depuración de agua potable”, el MPAC con fracciones de masa de 0; 23; se colonizó 38 y 54% de maghemita en pequeños biorreactores durante más de 90 días. Aunque la composición de la comunidad bacteriana (análisis de ARNr 16s) fue diferente en MPAC en comparación con PAC, las NP no inhibieron las eliminaciones biológicas de carbono orgánico disuelto y amoníaco ni contribuyeron a la adsorción significativa de estos compuestos. Se desarrolló la misma cantidad de biomasa heterotrófica activa ($48 \mu\text{gC}/\text{cm}^3$) en MPAC con una fracción de masa del 54% de NP que en el control de PAC no magnético. Si bien la difracción de rayos X confirmó que el tamaño y el tipo de óxidos de hierro no cambiaron durante el período de estudio, se registró una pérdida de magnetización entre el 10% y el 34% después de 95 días de funcionamiento.

Oladimeji Temitayo et al. (2021, pp. 4-6), desarrollaron la investigación “Producción de carbón activado a partir de aserrín y su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales”, involucra la producción de CA. Cuando se utilizó CA óptimo para el tratamiento, el valor de pH cambió de 7,7 a 7,10, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se redujo de 288 mg/l a 20 mg/l y los sólidos disueltos totales (TDS) se redujeron de 183,7 mg/l a 16,4 mg/l, el total de sólidos en suspensión (TSS) se redujo de 232 mg/l a 15,7 mg/l. Cuando se utilizó CA mínimo para el tratamiento, el valor de pH cambió de 7,7 a 7,60, la DBO se redujo de 288 mg/l a 112,2 mg/l, y el TDS se redujo de 232 mg/l a 174 mg/l, el TSS se redujo a 183,7 mg/l a 103 mg/l. Los resultados obtenidos llevaron a la conclusión de que el CA producido trata eficazmente los parámetros de calidad del agua antes mencionados.

Ren Zhijun et al. (2021, pp. 4-9), en su investigación “Estudio sobre la adsorción de nitrógeno amoniacal por carbón activado cargado con hierro de aguas residuales de baja temperatura”, según los hallazgos de este estudio, el Fe-AC eliminó de manera eficiente el nitrógeno amoniacal de las AR de baja concentración y temperatura. Después de que el CA se impregnó con $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ y se calcinó a alta temperatura, el volumen de poro total se incrementó en $0.037 \text{ cm}^3/\text{g}$, la superficie específica mejoró en $36.21 \text{ cm}^2/\text{g}$. La capacidad de adsorción del Fe-AC fue un 54,4% mayor que la del AC. El mejor efecto de adsorción de nitrógeno amoniacal por Fe-AC se obtuvo a $\text{pH} = 7$. El tiempo de equilibrio para la adsorción de nitrógeno

amoniaco por Fe-AC fue de 240 min. El modelo cinético de pseudo-primer orden podría ajustarse mejor al proceso de adsorción de nitrógeno amoniacal por Fe-AC, y el modelo de Langmuir fue más adecuado para ajustar los datos de isoterma de adsorción de nitrógeno amoniacal por Fe-AC.

Sahondo Tapuwa et al. (2020, pp. 5-8), en su investigación "Pruebas de campo de un sistema de tratamiento de aguas negras in situ a escala doméstica en Sudáfrica", menciona que el sistema funcionó durante más de 8 meses de pruebas de campo en Durban, Sudáfrica. Las columnas de CA funcionaron sin pérdida de rendimiento durante todo el estudio, requiriendo un retrolavado poco frecuente y ningún reemplazo de GAC en los ocho meses de operación, lo que sugiere que estos componentes tienen un intervalo de reemplazo prolongado (~1 año o más). Resumen del rendimiento del sistema de líquidos: DQO 61 ± 49 mg/l, TSS 23 ± 13 mg/L, Turbidez 3 ± 1 NTU pH $7,0 \pm 0,6$ FCl residual $2,0 \pm 3,5$ mg/l, TN 102 ± 20 mg/L, TP 14 ± 1 mg/l. Estos hallazgos demuestran la viabilidad de este enfoque de tratamiento para su aplicación en un entorno urbano/periurbano y guiarán el desarrollo adicional de tecnologías de saneamiento de reciclaje de agua en el sitio hacia la implementación a una escala más amplia.

Sbardella Luca et al. (2018, pp. 522-527), elaboraron la investigación "Filtro de carbón activado biológico avanzado para eliminar compuestos farmacéuticamente activos de AR tratadas", la combinación de un filtro de CA biológico (BAC) junto con una ultrafiltración (UF). Durante los primeros 9200 volúmenes de lecho (BV; es decir, antes de la saturación de GAC), se eliminaron el 89, 78, 83 y 79% de los betabloqueantes, fármacos psiquiátricos, antibióticos y una combinación de otros grupos terapéuticos, respectivamente. La segunda fase se caracterizó por el deterioro del desempeño general durante el período comprendido entre 9200 y 13,800 BV. Durante la filtración BAC del efluente secundario, se obtuvieron eliminaciones de 63, 67, 77, 79, 83 y 86% para azitromicina, bezafibrato, ofloxacina, irbesartán, propranolol y ciprofloxacina, respectivamente. Para cuantificar la contribución respectiva de adsorción y biodegradación. Se demostró que la adsorción en GAC es el mecanismo principal en la eliminación de PhAC en los filtros BAC. Sin embargo, la actividad biológica que caracteriza al filtro BAC contribuyó a mayores eficiencias de eliminación de cinco compuestos en el filtro BAC que en el filtro abiótico GAC convencional. Las mejoras en la eliminación

fueron del 22, 25, 30, 32 y 35% para ciprofloxacina, bezafibrato, ofloxacina, azitromicina y sulfametoxazol, respectivamente.

Tang Xiaobin et al. (2018, pp. 292-293), en el desarrollo de su investigación "Acoplamiento de GAC a la filtración de presión ultrabaja para modificar la capa de bioincrustación y la biocomunidad: mejora del flujo y mejora de la calidad del agua", la turbidez del agua cruda se mantuvo constante y osciló entre 3 y 10 NTU con un valor promedio de 6,8 NTU (0-105 días). Después de eso (106-193 días), ocurrieron tormentas de lluvia con regularidad y la turbidez del agua cruda aumentó incidentalmente a 30-100 NTU. Como resultado, la concentración de OD en el permeado de GAC / GDM y el control aumentó de 0,87 a 4,15 mg/l y de 4,43 a 6,11 mg/l, respectivamente. La remoción promedio de UV₂₅₄ y DOC en el permeado de GAC / GDM fue 54.2% y 22.0% en el período de filtración inicial (0 a 7 días). A partir de entonces (40-160 días), la eliminación de DOC se mantuvo constante, mientras que la de UV₂₅₄ disminuyó ligeramente (del 70% al 50%). La eliminación de UV₂₅₄ y COD recuperado al 78% y 68% después del día 160. El desarrollo de las tasas de eliminación se puede atribuir a la adsorción inicial, la saturación y el desarrollo de la actividad biológica dentro del GAC. Por el contrario, el sistema de control mostró una baja eliminación de UV₂₅₄ y DOC en la filtración inicial. A partir de entonces, la concentración de UV₂₅₄ y DOC en el permeado fue incluso ligeramente más alta que en el agua de alimentación con un aumento de aproximadamente 20-30% en ambos casos.

Torres Patricia et al, (2018, pp. 236-237), realizaron su investigación "Evaluación de la remoción de turbidez y materia orgánica disuelta mediante tecnología de doble filtración con carbón activado", mencionó que los valores medianos para los filtros con las configuraciones GACVEG estuvieron entre 0.199 y 0.238 NTU, los de los filtros GACMIN estuvieron entre 0.206 y 0.236 NTU, y aquellos con arena tuvieron el valor más bajo de 0.181 NTU. Los valores medianos obtenidos para cada configuración muestran que la configuración con el filtro de arena resultó en la mejor reducción de turbidez; sin embargo, todas las configuraciones con GAC proporcionaron una eliminación eficaz de la turbidez. Aunque las configuraciones de GAC mostraron menor remoción de turbidez que el filtro de arena, estos resultados demuestran que la implementación de carbón activado aseguró la calidad del efluente final. Se obtuvieron valores medianos de UV₂₅₄ entre 0.010 y

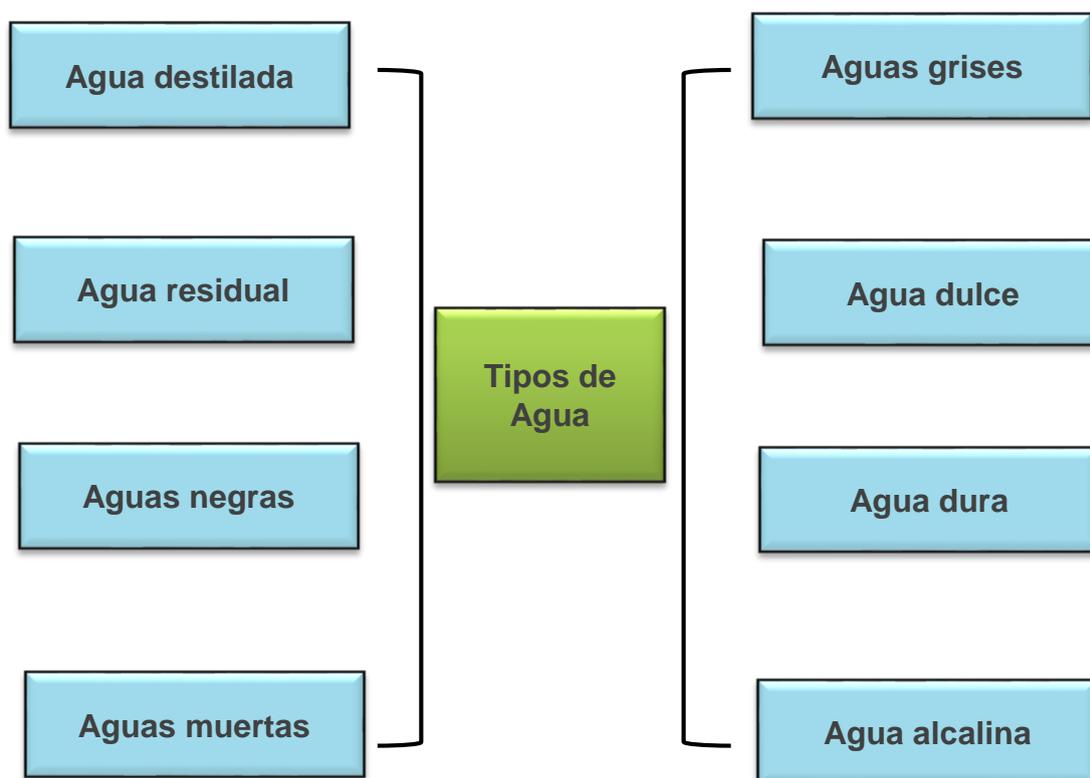
0.019 cm^{-1} con las configuraciones GACVEG, valores medianos entre 0.007 y 0.008 cm^{-1} se obtuvieron con las configuraciones GACMIN, y se obtuvo una mediana de 0.032 cm^{-1} con la arena. Los resultados indican que la arena no afectó significativamente la reducción de materia orgánica porque sus valores oscilaron cerca de la absorbancia inicial de 0.034 cm^{-1} , y las configuraciones con GACMIN tuvieron un mayor efecto. Los filtros GAC claramente produjeron una reducción de compuestos orgánicos medida por UV_{254} .

Zhang Shuangyi et al. (2017, pp. 34-40), de acuerdo con su estudio "Filtros biológicamente activos: un proceso avanzado de tratamiento de agua para contaminantes de preocupación emergente", examina la hipótesis de que los filtros existentes en las plantas de tratamiento de agua se pueden convertir en filtros biológicamente activos (BAF) para tratar estos compuestos. Las eliminaciones a través de BAF a escala de banco se evaluaron en función del medio, el carbón activado granular (GAC) y el medio dual, el tiempo de contacto del lecho vacío (EBCT) y la preozonación. Para los BAF de GAC, se observó un mayor consumo de oxígeno, una mayor caída del pH y una mayor eliminación de carbono orgánico disuelto normalizado a trifosfato de adenosina (ATP), lo que indica una mayor actividad microbiana en comparación con los BAF de medios duales de antracita/arena. Las concentraciones de ATP en la parte superior de los BAF fueron hasta cuatro veces mayores que las partes media e inferior del medio dual y 1,5 veces mayores en GAC. Se agregaron dieciséis CEC en la fuente de agua. A una EBCT de 18 min, los BAF de GAC fueron altamente efectivos con remociones totales superiores al 80% sin preozonación; las excepciones incluyeron tri (2-cloroetil) fosfato e iopromida. Con una EBCT de 10 min, el grado de eliminación de CEC se redujo con menos de la mitad de los compuestos eliminados en más del 80%. Los BAF de medios duales mostraron una eliminación limitada de CEC con solo cuatro compuestos eliminados en más del 80%, y 10 compuestos se redujeron en menos del 50% con cualquiera de las EBCT. Este estudio demostró que los GAC BAF con y sin preozonación son una tecnología eficaz y avanzada para el tratamiento de contaminantes emergentes.

En cuanto a la teoría podemos considerar a Serrano Carlos (2020), el agua es un líquido que parece muy sencillo, pero se comporta de manera tan inusual que generalmente lo describe como una sustancia "anormal". No tiene olor, color ni

sabor, sin embargo, es una de las sustancias más enigmáticas de la naturaleza, por lo que MINAM (2016, p. 5), menciona que el agua es indispensable y es necesario para nuestras actividades diarias; por lo tanto, debemos cuidarlo y no malgastar. Gracias a este recurso natural, las personas, los animales pueden vivir. Según la FAO (2014), explica que el planeta tiene aproximadamente 1,400 millones de km³ y solo el 0,003% de esta gran cantidad, son los llamados "recursos de agua dulce". cerca de 45,000 km³. Pero todas estas aguas no son accesibles, solo 900 a 14,000 km³ están aptos a nivel económico para uso humano.

Gráfico N° 01: Tipos de agua



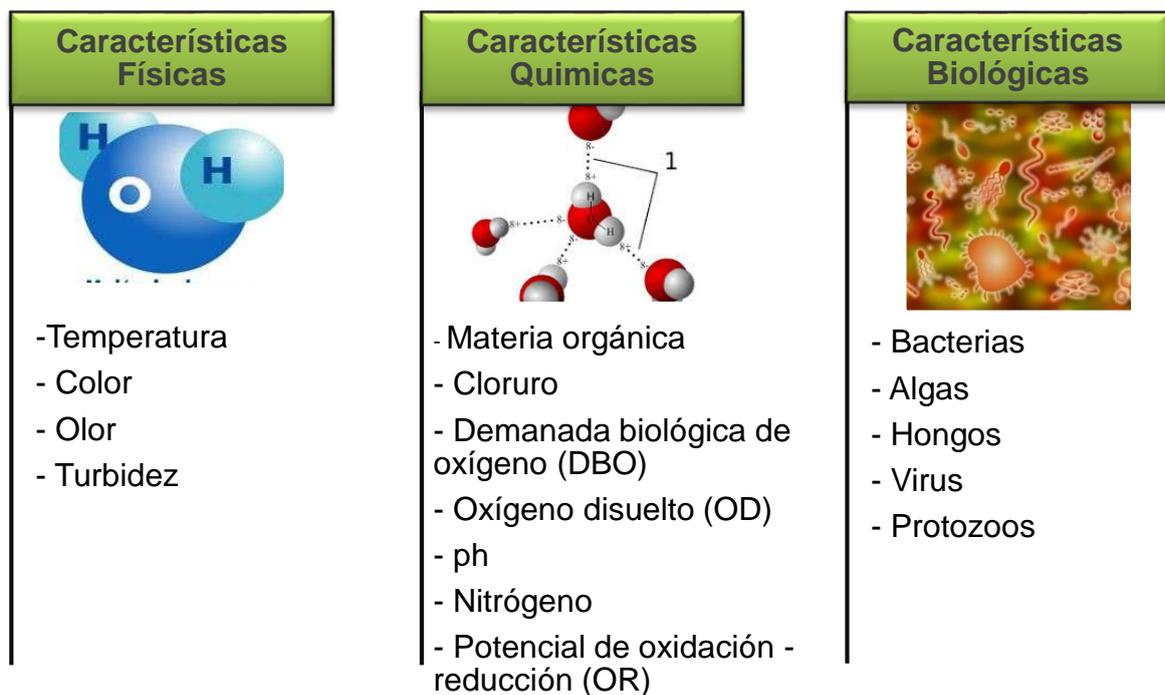
Fuente: Nina Edwin y Pinto Fremín (2014, pp. 12-14)

Según We are water (2017), las AR son el resultado de toda actividad humana que influye en la calidad del agua. Para Tuser Cristina (2020), las AR son aguas usadas, que se han visto afectadas por el uso doméstico, industrial y comercial. La composición de todas las AR cambia constantemente y es muy variable, por lo que es tan difícil precisar una definición singular de la palabra en sí.

La ONU (2019), menciona que a escala global aumentará el volumen de AR con crecimiento de la población. Ya que la economía y los ingresos globales se están

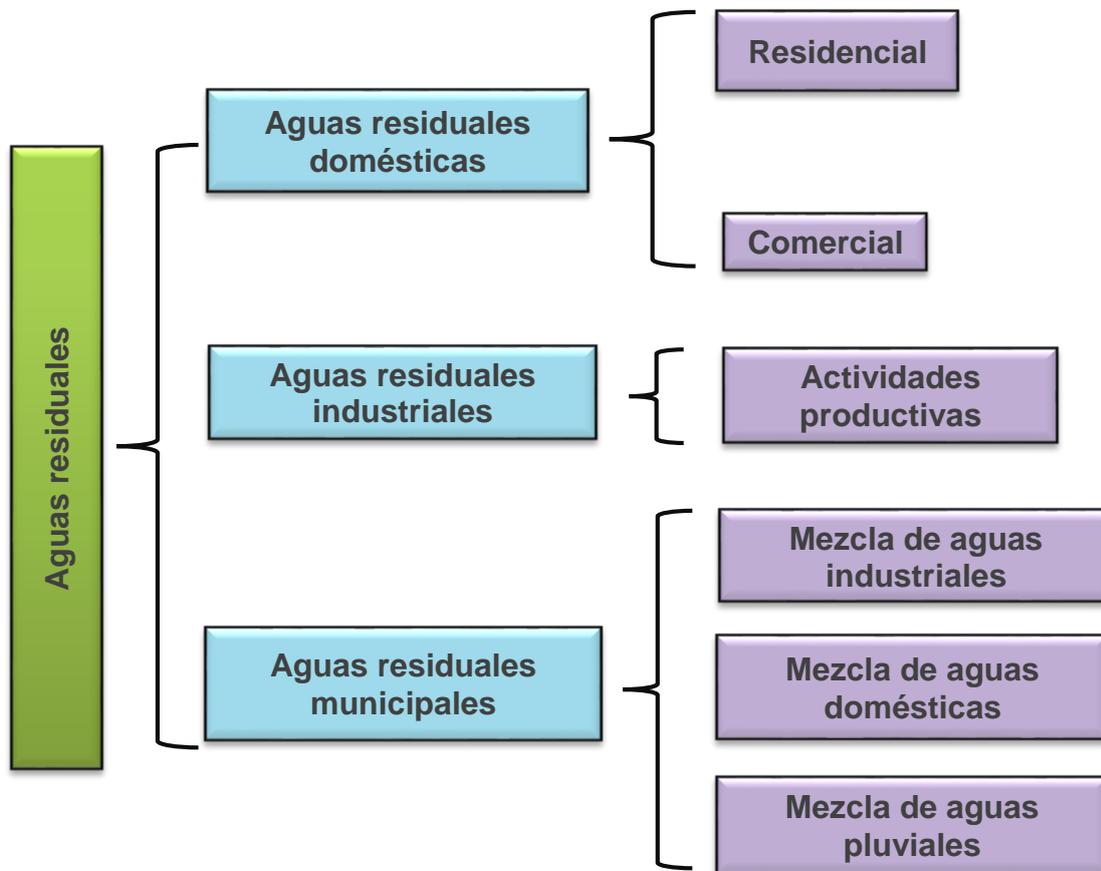
expandingo, el contenido de productos químicos peligrosos, tóxicos y de desecho, relacionados con el estilo de vida moderno, también será mayor. El problema es fuerte en áreas densamente pobladas que carecen de instalaciones de tratamiento. En Perú, un promedio de 2.59 millones de m³ de AR son vaciadas en la alcantarilla (SUNASS, 2015, p. 36), pero solo el 32% recibe tratamiento antes de ser vertido a los cuerpos naturales de agua (mar, ríos, lagos, quebradas) OEFA (2014, p. 16). De este modo, las AR cada vez están cogiendo mayor importancia a raíz del crecimiento demográfico, por otro lado, en las comunidades pobres que viven de la agricultura, tan solo disponen de las AR como recurso (UNU-FLORES, 2016, p. 293). Por ende, descubrimos que las AR contienen una gran parte de componentes contaminantes, sea sólidos o disueltos presentes en estas (Samer Mohamed, 2015, p.)

Gráfico N° 02: Características de aguas residuales



Fuente: Karki Gaurab (2019)

Gráfico N° 03: Tipos de aguas residuales según su procedencia

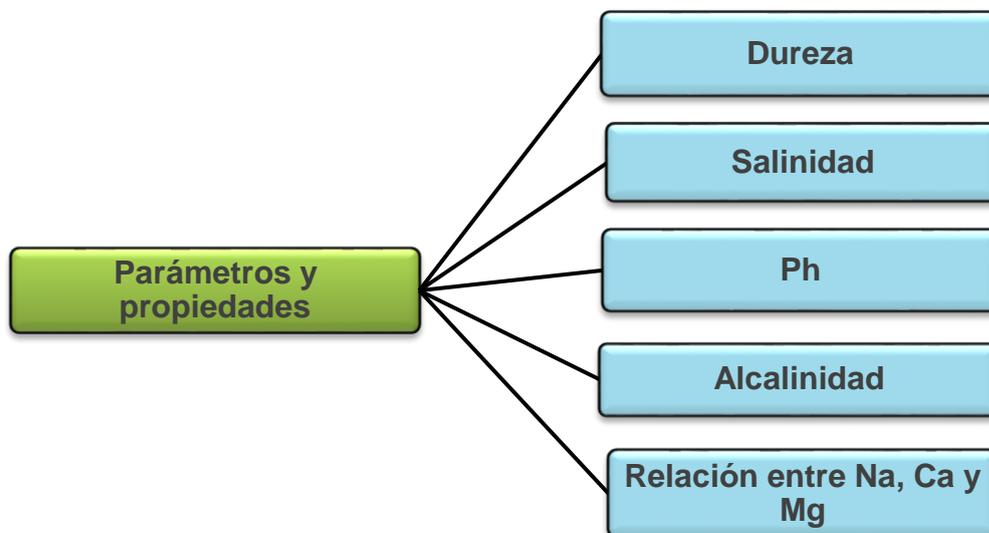


Fuente: OEFA (2014, p. 3)

El agua de riego se define como el agua que se aplica mediante diferentes sistemas de regadío para el correcto desarrollo de los cultivos. Su origen puede ser muy diverso ya que puede proceder de ríos, lagos o corrientes continuas de aguas naturales, de pozos, etc (G., Álvaro, 2019). Por lo tanto, la calidad del agua de riego se refiere a los rendimientos de cultivo y las condiciones físicas del suelo. Además, los diferentes cultivos requieren diferentes calidades de agua de riego (Sela Guy, 2020).

Los parámetros y las propiedades químicas que determinan la calidad del agua para riego son:

Gráfico N° 04: Propiedades del agua



Fuente: SAB (2020)

La calidad para aguas residuales según el ECA – PERÚ

Tabla N° 01: Riego en vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	40

Fuente: MINAM (2017, p. 17)

Según Monge Miguel (2017) los parámetros que debe cumplir un agua y los valores normales que deben tener se obtienen de los numerosos estudios de la FAO sobre riego y drenaje, estudios, por otro lado, están en revisión continua.

Tabla N° 02: Directrices y estándares de calidad del agua de riego para la reutilización de aguas residuales en la agricultura

PARÁMETROS	COREA DEL SUR		OMS		EPA DE EE.UU.		CHIPRE		FRANCIA		GRECIA		ISRAEL	ITALIA	PORTUGAL		ESPAÑA	
Coliformes (/100 ml)	Cultivos alimenticios	ND CT	NR	<i>E. coli</i> (ufc) ≤1000	Cultivos alimenticios	ND CF (mediana)	Cocido verduras	CF (NMP) ≤100	NR	<i>E. coli</i> (ufc) ≤250	NR	<i>E. coli</i> (ufc) ≤5(80%) ≤50(95%)	CF (ufc) ≤10	<i>E. coli</i> (ufc) ≤100 (máx.) ≤10 (80%)	Verduras consumir crudo (a)	CF (ufc) ≤100	Sin cocer verduras	<i>E. coli</i> (ufc) ≤100
	Cultivos de alimentos procesados	CT (NMP) ≤200	R	<i>E. coli</i> (ufc) ≤10,000	Cultivos de alimentos procesados	CF (ufc) ≤200 (mediana)	Cultivos para consumo humano	CF (NMP) ≤1000	Todos los cultivos excepto aquellos consumidos crudos	<i>E. coli</i> (ufc) ≤10,000	R	<i>E. coli</i> (ufc) ≤200 (mediana)			Cocido verduras	CF (ufc) ≤1000	Cultivos para consumo humano	<i>E. coli</i> (ufc) ≤1000
Turbidez (NTU)	Cultivos alimenticios	≤2	-	-	Cultivos alimenticios	≤2 promedio	-	-	-	-	NR	≤2 (mediana)	-	-	-	-	Sin cocer verduras	≤10
	Cultivos de alimentos procesados	≤5			Cultivos de alimentos procesados	-					R	-					Cultivos para consumo humano	
DBO (mg/l)	≤8	-	-	Cultivos alimenticios	≤10	Cocido verduras	≤15	-	-	NR	≤10 (80%)	≤10	≤20	-	-	-	-	-
				Cultivos de alimentos procesados	≤30	Cultivos para consumo humano	≤30			R	≤25						-	-
DQO (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	NR	< 60	-	≤100	≤100	-	-	-	-	-
									Todos los cultivos excepto aquellos consumidos crudos	Varía	-	-	-	-	-	-	-	-
Olor	No desagradable		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	5.8-8.5		-	-	6.0-9.0	-	-	-	-	-	-	6.5-8.5	6.0-9.5	6.5-8.4	-	-	-	-
EC (µs/cm)	Cultivos alimenticios	≤700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1400	≤3000	≤1000	-	-	-
	Cultivos de alimentos procesados	≤2,000																

Fuente: Hanseok Jeong; Hakkwan Kim y Taeil Jang (2017, p. 6)
 ND= No detectada, TC= Coliformes totales, FC= Coliformes fecales

El carbón es una roca organogenia sedimentaria de color negro o marrón, muy rica en carbono y con variadas cantidades de otros elementos, principalmente hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno, utilizado como combustible fósil (Exposito Paula et al., 2019). Para Planas Oriol (2016) define que es un recurso natural limitado. La generación es un proceso de varios millones de años, mientras que el consumo de este recurso energético es muy rápido.

"Activado" en este caso se refiere a la capacidad del carbono para adsorber una variedad de moléculas en su superficie (Schwarcz Joe, 2017).

Por lo tanto, Navarrete Diana; Quijano Nadia y Vélez Cristian (2014, p. 27), indican que el CA es un medio útil de filtración en uso e incorporación de los procesos de descontaminación de líquidos y gases, es necesario estudiar la composición y su estructura y el proceso de sorción importante aquí.

La característica más importante del carbón activado es su estructura porosa, esto permite el proceso de adsorción en diferentes tipos de contaminantes. Los poros se clasifican según su tamaño en: microporos ($d_p < 2\text{nm}$), mesoporos ($2\text{nm} < d_p < 50\text{nm}$) y macroporos ($d_p > 50\text{nm}$) (Obregón Daniel, 2012, p. 14).

El CA es un limpiador que tiene la propiedad de capturar compuestos orgánicos, principalmente presentes en gases o líquidos. Esta cualidad del CA se conoce como adsorción; lo que aumenta en el CA (Hlcsistemas, 2019), además según Carrasco Blanca y Londa Erika (2018, p. 33), las propiedades de CA dependen de la materia prima utilizada y el tipo de activación sometida.

a) Composición química del carbón activado:

Tabla N° 03: Composición química del carbón activado

COMPONENTE	CANTIDAD
Carbono	75-80 %
Ceniza	5-10%
Oxígeno	60%
Hidrógeno	0.5%

Fuente: Azabache Yrwin y Cachay Wilhen (2019, p. 6)

b) Propiedades fisicoquímicas del CA: De una materia prima con propiedades muy definidas e importantes, como la dureza, la estructura inherente del poro, el

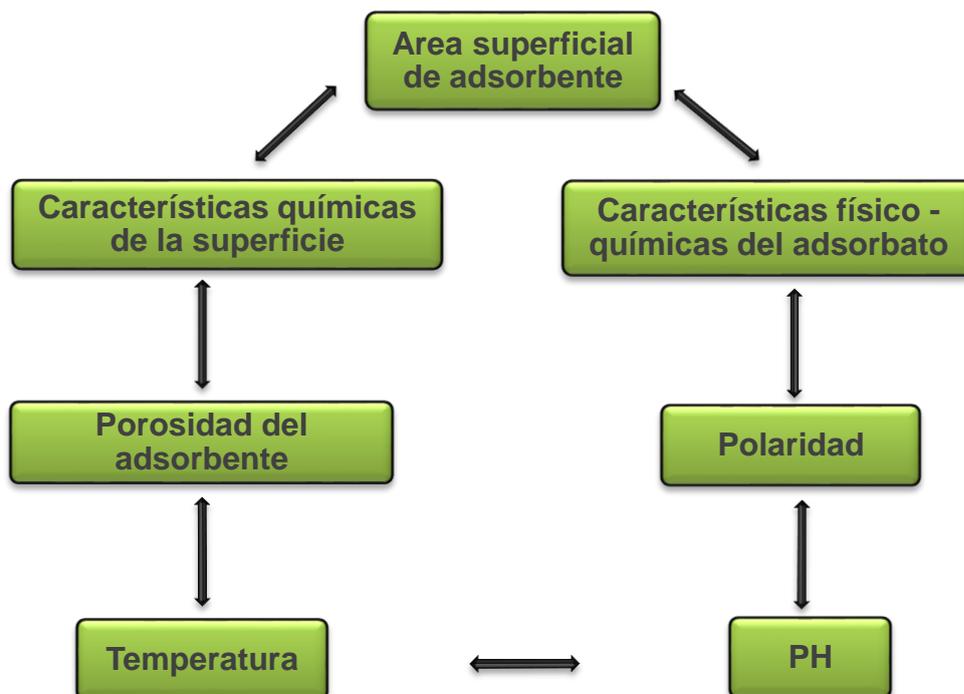
contenido alto de carbono, el bajo contenido de cenizas y pH del extracto Acuoso (Caracela Pilar, pp. 25- 27, 2017), y de acuerdo con Carrasco Blanca y Londa Erika (2018, p. 33), las propiedades también dependen del tamaño y la estructura de las moléculas que desea absorber.

Según Carbotecnia (2021), indica que la propiedad que tiene un sólido, de unirse a su pared y fluye la molécula se llama "adsorción". El sólido se llama "adsorbente" y la molécula, "adsorbato", por lo cual, Tuset Sergio (2015), menciona que la capacidad de adsorción del CA es un proceso que consiste en capturar sustancias solubles en la superficie del sólido. Un parámetro clave es la superficie específica del sólido. Esta gran superficie interna hace que el carbón tenga una adsorción ideal.

Según Valladares María (2017, pp. 62-63) los compuestos orgánicos se adsorben en los poros de la matriz de carbono. La gran superficie del CA permite que cantidades significativas de material orgánico se adsorban a través de fuerzas iónicas, polares y de Van der Waals.

Ures Pablo; Jácome Alfredo y Suárez Joaquín (2014, p. 3), menciona los fundamentos sobre adsorción en CA, se emplea como tratamiento terciario de AR.

Gráfico N° 05: Factores que influyen la adsorción



Fuente: Ures Pablo, Jácome Alfredo y Suárez Joaquín (2014, pp. 3-5)

Curiosoando (2017) la diferencia clave entre los dos procesos es que en la absorción está presente, la transmisión de masa y volumen entre las dos fases mientras que la adsorción es un fenómeno superficial y se separa en cada fase.

Tabla N° 04: Diferencia entre Absorción y Adsorción

	ABSORCIÓN	ADSORCIÓN
Definición	Fenómeno en el que los átomos, moléculas de los gases, líquidos o sólidos se disuelven en otra sustancia.	Fenómeno del cual los átomos, las moléculas de gases, líquidos o los sólidos disueltos se conservan en una superficie de una sustancia sólida o líquida.
Fenómeno	Es un fenómeno de masa y volumen.	Es un fenómeno superficial.
Estado de agregación del sorbente	Líquido	Sólido y líquido
Estado de agregación del soluto	Líquido, gaseoso	Sólido, líquido y gaseoso
Esquema del fenómeno		

Fuente: CARBOTECHNIA (2021)

Para Romin (2017), la filtración mediante CA se emplea en el tratamiento de agua debido a que posee una gran capacidad de absorción de diversos elementos. Sus aplicaciones más beneficiosas reducen el sabor y olor, sedimentos y compuestos orgánicos.

Según Acuatecnica (2016) los tipos de tratamiento de AR:

Tratamiento primario; remover materiales posibles para sedimentar, utilizando tratamientos físicos y fisicoquímicos. Ciertos casos, las AR se queda un tiempo en tanques grandes con elementos quelantes que hacen que la sedimentación sea más rápida y efectiva.

Tratamiento secundario; eliminación de desechos y sustancias que se han eliminado con sedimentación y eliminando las demandas biológicas de oxígeno. Este tratamiento incluye procesos biológicos y químicos.

Tratamiento terciario; consiste en procesos físicos y químicos especiales para la limpieza de impurezas, tales como: fósforos, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc.

García Pedro et al. (2017), explica que el tratamiento de una alcantarilla revela los problemas de fondo que la administración cíclica del agua tiene en el mundo industrializado. En las áreas más deprimidas, el problema básico es el mismo, pero las consecuencias sociales son catastróficas.

Según WaterStation (2019), un filtro de agua es un dispositivo que elimina las impurezas del agua en la reducción de la contaminación mediante una fina barrera física, un proceso químico y biológico. Para Banrepcultural (2015), generalmente compuesto de material poroso y CA, le permite purificar este líquido. Al pasar por el filtro, este atrapa partículas de arena, lodo, óxido, polvo, hierro, altas cantidades de cloro y bacterias y pueden ser perjudiciales para la salud.

La filtración con CA es uno de los muchos procesos que se utilizan a menudo en el tratamiento del agua, como también se puede eliminar la contaminación que causan olores, que a menudo se utilizan para hacer el agua potable (Fluence, 2020), y de acuerdo con Savy Virginia et al. (2012, p. 38), menciona que los filtros de carbón activado tienen la capacidad de unir algunas sustancias a su superficie (adsorción) y, por lo tanto, se utilizan para eliminar sustancias orgánicas, inorgánicas y biológicas que generan color, olor y sabor.

El CA viene en dos tipos y formas principales: el PAC se utiliza normalmente en procesos biológicos, donde se eliminan los elementos orgánicos tóxicos y el GAC, normalmente se utiliza una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el CA, en este caso, el tamaño de las partículas es mayor que en el otro (Kalpaka, 2019).

Según Guy Sela (2018), indica que de acuerdo con los componentes del tipo de

carbón activado: En polvo (CAP) material molido pulverizado, donde la mayoría de las partículas tienen un diámetro < 0,18 mm (mesh 80). Granular (CAG) tiene forma irregular y un diámetro típico de entre 0,2 y 1,5 mm.

Según Alvarado Karen (2016, p. 49) los tipos de filtración se pueden llevar a cabo de muchas maneras diferentes: con baja carga superficial (filtros lentos) o una carga de superficie alta (filtros rápidos), en diferentes medios porosos (arena, antracita, zeolita, etc.), utilizando solo un medio de filtro (cama individual) o varios medios (cama mixta), con flujo ascendente o reductor; finalmente, el filtro puede funcionar bajo presión o gravedad de acuerdo con la magnitud de la carga hidráulica que existe en el lecho del filtro.

Tabla N° 05: Clasificación de los Filtros

Según el medio filtrante usado	Según el sentido del flujo	Según la carga hidráulica sobre el lecho	Según la velocidad de filtración
1. Arena: Altura de 60 a 75 cm. 2. Antracita: Altura de 60 a 75 cm. 3. Mixtos: Antracita (h= 35 a 50 cm). 4. Mixtos: Arena, antracita, granate.	1. Ascendente: Flujo de abajo hacia arriba. 2. Descendente: Flujo de arriba hacia abajo. 3. Mixto: Flujo con parte ascendente y parte descendente.	1. Por gravedad. 2. Por presión Cerrados, metálicos.	1. Filtros rápidos: Carga superficial de 120 a 360 m ³ /m ² /d.
Arena: Altura de 60 a 100 cm	1. Ascendente 2. Descendente 3. Horizontal	Por gravedad	2. Filtros lentos: Carga superficial de 7 a 14 m ³ /m ² /d.

Fuente: Estrada Jorge (2016, p. 3)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

Cabezas Edison; Andrade Diego y Torres Johana (2018, p. 34), determinaron que la investigación aplicada es la solución de problemas prácticos, además el autor OCDE (2015, p. 47), indica que la investigación aplicada es una investigación original realizada con el fin de adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, se dirige principalmente hacia un objetivo práctico.

Debido a esto, se determinó a esta investigación de tipo aplicada por que se mencionaron metodologías y conocimientos científicos, los cuales pueden ser utilizados para resolver un problema específico, por ello el uso de un filtro con CA en el tratamiento de AR.

3.1.2. Diseño de la investigación

Salas Danelly (2019), indica que la investigación cualitativa sin dejar de apegarse al método científico, tiene sus propias características, estos pueden ser determinados por el problema de la investigación, los objetivos planteados y la metodología implementada.

Según Moncada Laura (2018), señala que los diseños narrativos están marcados como en algunas situaciones que le permiten crear una intervención o crear una forma en que el investigador dedique mucho su tiempo a la persona o grupo de personas, incluso el investigador hará su propio instrumento de investigación. El investigador debe analizar continuamente los datos, se supone que el diseño narrativo es flexible porque puede adaptarse a lo que se describe durante la recopilación y el análisis de datos.

Según Salgado Ana (2007, p. 73), señala que el diseño de investigación narrativo de tópico es enfocado en una temática, suceso o fenómeno.

La presente investigación es de diseño cualitativo, narrativo tópico porque se orientó a entender, analizar e interpretar información obtenida a través de artículos de investigación científica, además porque se puede compartir los análisis recientes de otros investigadores con la posibilidad de realizar un análisis y suministrar nuevas ideas y posteriormente brindar resultados.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
¿Cuáles son los principales parámetros en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego obtenidos a partir de los tipos de filtro con carbón activado?	Enumerar los principales parámetros en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego obtenidos a partir de los tipos de filtro con carbón activado.	Parámetros (MINAM, 2017, p. 17).	<ul style="list-style-type: none"> - DQO (MINAM, 2017, p. 17). - Turbidez (MINAM, 2017, p. 17). - UV254 (MINAM, 2017, p. 17). 	De acuerdo con las características de la calidad de aguas residuales (Karki Gaurab, 2019).	De acuerdo con el tipo de agua. (Nina Edwin y Pinto Fremín, 2014, pp. 12-14).
¿Cuáles son las características de los tipos de filtro con carbón activado que se utiliza en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego?	Describir las características de los tipos de filtro con carbón activado para el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego	Tipos de filtro con carbón activado (Estrada Jorge, 2016, p. 3)	<ul style="list-style-type: none"> - Según el medio filtrante. (Estrada Jorge, 2016, p. 3) - Según el sentido del flujo. (Estrada Jorge, 2016, p. 3) - Según la carga hidráulica sobre el lecho. (Estrada Jorge, 2016, p. 3) - Según la velocidad de filtro. (Estrada Jorge, 2016, p. 3) 	De acuerdo con el tipo de carbón activado (Kalpaka, 2019).	De acuerdo con los componentes del tipo de carbón activado (Guy Sela, 2018).
¿Cuáles son las limitaciones que presentan los tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego?	Analizar las limitaciones que presentan los tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego.	Limitaciones (Araujo Miguel, 2011, p. 3).	<ul style="list-style-type: none"> - Ventajas (Kitcheham Barbara, 2004, p. 2). - Desventajas (Kitcheham Barbara, 2004, p. 2). 	De acuerdo con los filtros de carbón activado (Savy Virginia et al., 2012, p. 38).	De acuerdo con la vida útil (Woodard John, 2019).

3.3. Escenario de estudio

Los escenarios de estudio en esta revisión sistemática fueron la generación de AR de acuerdo a su origen, a nivel nacional e internacional, algunos investigadores realizan sus estudios de manera in situ en AR, donde se obtuvo la muestra de AR para la medición de la calidad de agua, las cuales fueron llevadas al laboratorio de diferentes universidades o centros de investigación alrededor del mundo en físico-química, microbiología para la identificación de parámetros mediante el uso de instrumentos de laboratorio, debidamente calibrados siguiendo diversas metodologías.

3.4. Participantes

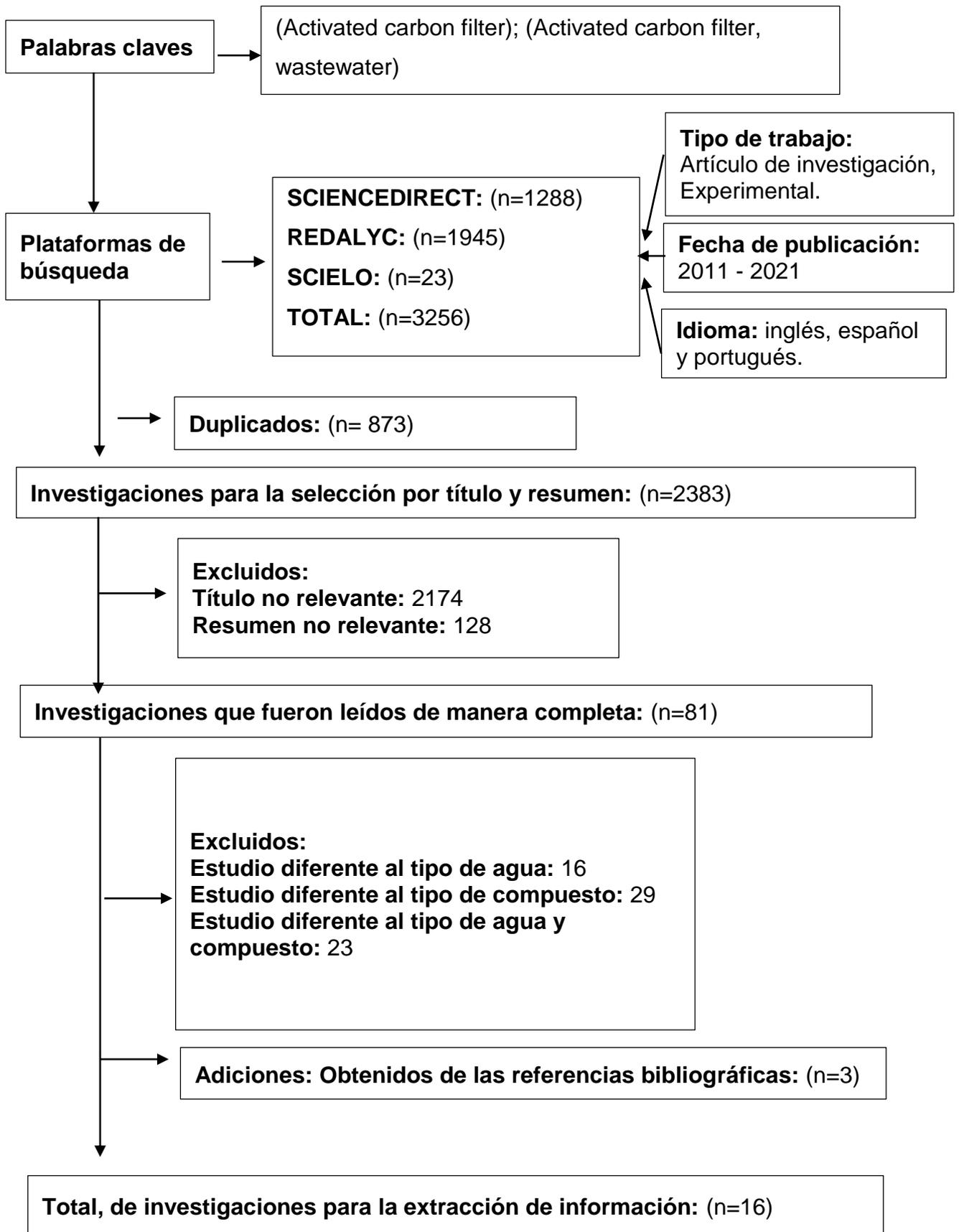
En esta investigación se realizó la búsqueda de información de los siguientes medios para la presente revisión sistemática, las cuales han sido obtenidas de la recolección de artículos de revistas indizadas provenientes de diversas fuentes: Redalyc, ScienceDirect y Scielo.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicó la técnica de análisis documental, en donde Escudero Carlos y Cortez Liliana (2017, p. 74), mencionan que esta estrategia constituye el punto de inicio de toda investigación, con lo cual se busca abordar el tema o problema de estudio.

Explica que las fuentes de información para el análisis pueden ser personales, institucionales, documentales, formales o informales. Además, el análisis documental es conocer y describir los eventos, personas o cultivos para colocarlos en un contexto que revele y comprenda los intereses y puntos de vista de la realidad. (Anexos).

3.6. Procedimientos



Para la búsqueda de artículos se realizaron combinaciones de palabras, tales como: (Activated carbón filter); (Activated carbón filter, wastewater).

Los criterios de búsqueda de la información incluyeron solo artículos del período 2011-2021, de tipo experimental y en idioma; inglés, español y portugués. Llegando a recopilar artículos científicos de las siguientes fuentes; Scindirect (n=1288), Redalyc (n=1945) y Scielo (n=23), obteniéndose en total 3256 artículos, luego se hizo una revisión de artículos repetidos o duplicados, excluyendo n=873 de estos, quedando para la selección por título y resumen (n= 2383) artículos, seguidamente se realizó una selección de artículos en base a títulos y resúmenes no relevantes, descartando (n=2302). De esta manera se quedaron disponibles (n= 81) los cuales fueron leídos de manera completa y evaluados mediante los criterios de exclusión, en donde (n=68) fueron eliminados y además se añadieron (n=3) artículos que se encontraron en las referencias bibliográficas de los artículos que quedaron. En donde finalmente se obtuvieron (n=16) artículos para ser analizados en los resultados.

3.7. Rigor científico

El rigor científico es algo que todos los investigadores son constantemente persistentes durante el desarrollo de la investigación. Sí, los investigadores cualitativos también buscaron que su investigación satisfaga estas condiciones que garanticen el rigor de su investigación.

Los criterios seguidos en la investigación cualitativa son: credibilidad, entrega, dependencia y confirmación (Ivan, 2018).

La credibilidad está relacionada con la forma en que los resultados de una investigación son leales para los estudiados y para otras personas que han conocido o han estado en contacto con el fenómeno estudiado (Rojas Xiomara y Osorio Belkis, 2019, p. 67).

La credibilidad en la interpretación está más correlacionada con la riqueza de la información proporcionada por los participantes y las habilidades observacionales analíticas del investigador que en el número de participantes (Varela Margarita y Vives Tania, 2016, p. 196).

El criterio de credibilidad aplicó al presente trabajo porque se ha obtenido la información de diferentes bases de datos confiables y toda información es debidamente citada y referenciada, además en el análisis de los estudios se evitó

que nuestras opiniones afecten la claridad de las interpretaciones de los datos. La transferencia indica el rango de utilidad de resultados en diferentes entornos. De tal manera la atención se centra en controlar y explorar el tipo de muestreo, ya que las decisiones tomadas son fundamentales para decidir si los resultados se pueden comparar o no en otros contextos (Gusmary Carmen, 2017).

La transferibilidad se da en la posibilidad de transferir los resultados obtenidos en el proceso investigativo a otros contextos y escenarios. Esta complejidad se expresa en la correspondencia de los resultados con las características propias de los sujetos y los temas de estudio, lo que los hace únicos, por lo que la mejor manera de lograr la transferencia de una investigación es la descripción detallada y completa, apegada a la realidad de las características del fenómeno, participante y contexto de la investigación. Lo que sucede, sí puede ser transferible para adaptarlo a la realidad del contexto en cuestión (Espinoza Eudaldo, 2020, p. 107).

La actual investigación aplicó el criterio de transferibilidad, porque cuando se trata de los tipos de filtros de CA para el tratamiento de AR no solo se usa en el tratamiento de AR, sino también para otros tipos de agua e incluso para otros usos y al análisis final, puede dar una idea general de la investigación, también contribuye a un mayor conocimiento de este tema, además de generar que los siguientes lectores tengan la oportunidad de aplicar el análisis a sus propios contextos.

La dependencia está relacionada con ofrecer información que nos permite comprender el método utilizado y la eficiencia. El diseño del estudio y su implementación se incluye, considerando los cambios estratégicos realizados durante el proceso; una descripción detallada del trabajo de campo y la evaluación reflexiva del proceso y los resultados logrados (Varela Margarita y Vives Tania, 2016, p. 194).

La dependencia estudia contextos reales y, por lo tanto, no reportados. Procedimientos para garantizar que la coherencia en cualquier caso obtenga una baja inestabilidad de datos (Plaza Jorge, Uriguen Patricia y Bejarano Holger, p. 348, 2017).

La investigación aplicó este criterio desde que fue desarrollado por la recopilación de información de diferentes estudios con entornos similares que también están sujetos a análisis por parte de diferentes investigadores que pueden generar

resultados equivalentes e interpretaciones adecuadas con los resultados de esta investigación.

La confirmabilidad está relacionada con la neutralidad en el análisis e interpretación de la información que se logra cuando otros investigadores pueden seguir una “pista” y lograr hallazgos similares (Arias María y Giraldo Clara, 2011, p. 503).

La confirmabilidad se describe como la capacidad de otro investigador para seguir la pista o la ruta de lo que ha realizado el científico original, para esto, un registro completo y documentación de las decisiones e ideas que el erudito tenía en relación con el trabajo, (Parra Martha y Briceño Isías 2013, p. 120).

Este trabajo se aplicó al criterio de confirmabilidad debido a los estudios a cargo de los autores, trabajaron con citas, caracteres concretos y depende de la confirmación de la información ofrecida, a través de sus investigaciones terminadas.

3.8. Método de análisis de datos

Los datos fueron analizados a través de una matriz de categorización apriorística que consta de 3 categorías; parámetros, tipos de filtro con CA y limitaciones. La primera categoría de parámetros presenta tres subcategorías: DQO, Turbidez y Uv; para efectuar el análisis de esta categoría se incluyeron dos criterios, tales como; de acuerdo con las características de la calidad de AR y de acuerdo con el tipo de agua. De manera que estos criterios permitirán seleccionar la información necesaria de los artículos científicos para fundamentar los resultados relacionados a esta categoría y de esta manera responder los objetivos.

En cuanto a la segunda categoría, los tipos de filtro con CA, presenta cuatro subcategorías; según el medio filtrante, según el sentido del flujo, según la carga hidráulica sobre el lecho, según la velocidad de filtración. Para encontrar los datos necesarios del análisis de esta categoría se incluyeron dos criterios, tales como; el tipo de CA y los componentes del tipo de CA. De manera que estos criterios permitirán seleccionar la información necesaria de los artículos científicos para fundamentar los resultados relacionados a esta categoría y de esta manera responder los objetivos.

Finalmente, se tiene la tercera categoría denominada limitaciones, presenta dos subcategorías; ventajas y desventajas. Para encontrar los datos necesarios del análisis de esta categoría se incluyeron dos criterios, tales como; los filtros de carbón activado y la vida útil. De manera que estos criterios permiten seleccionar

la información necesaria de los artículos científicos para fundamentar los resultados relacionados a esta categoría y de esta manera responder los objetivos.

3.9. Aspectos éticos

En este estudio, se han respetado los procedimientos para el desarrollo del estilo de las citas de consulta y fuentes nacionales a medida que se han respetado las referencias bibliográficas internacionales, por ejemplo. 690: 2010. Por lo tanto, el mantenimiento e interpretación de la información se llevó a cabo con responsabilidad y transparencia. Se han respetado los derechos propiedad de otros investigadores, es decir, la copia de otros autores ha sido evitada. El trabajo es el respeto por la ética, la honestidad y estas son el lado importante de toda la investigación.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se encontraron 3256 artículos relacionados con el tipo de filtro con CA, los cuales incluían los términos de búsqueda en el título o en el resumen y pasaron por un filtro teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. A partir de la revisión, 873 artículos fueron retirados por estar duplicados, de los cuales excluimos 2174 por título no relevante y 128 por resumen no relevante, además 68 artículos fueron descartados de la siguiente manera: dieciséis artículos no especificaban al tipo de agua que afectaban las características del agua, veintinueve de los artículos se centraban solamente en el tipo de compuesto y veintitrés artículos presentaban estudios en el (tipo de agua y compuesto) diferente al estudio que se está realizando, asimismo se adicionó 3 artículos obtenidos de las referencias bibliográficas relacionados con el tema de investigación.

En total se escogieron 16 artículos que tenían en común, la relación de algunos tipos de filtro con CA en el tratamiento de la calidad de AR. Los artículos fueron clasificados de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos con el tipo de agua residual, también el tipo de filtro con el tipo de CA al igual que las ventajas y desventajas de los artículos seleccionados. (Tablas N° 06, 07 y 08).

En esta revisión se explicó los parámetros fisicoquímicos (DQO, turbidez y UV) y los tipos de AR (aguas domésticas, industriales y municipales) en la Tabla N° 06, involucrados en el tratamiento de la calidad de AR, se clasificaron de la siguiente manera: en el Ítems 1 el parámetro DQO (5) el primero en tener más estudio de investigación, se encontraron dos tipos de agua residual que son aguas industriales (2) (Skouteris George et al. 2015) siendo de menor concentración y municipales (3) (Sbardella Luca et al. 2018); el Item 2 es el parámetro turbidez (4) es el segundo en tener estudios de investigación, se encontraron dos tipos de agua residual que son aguas domésticas (2) (Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012) y municipales (2) (Torres Camilo et al., 2017; Calegari R. P. et al., 2018); el Item 4 son los parámetros DQO y turbidez (2) es el cuarto en tener estudio de investigación, se encontró un tipo de agua residual que es agua doméstica (2) (Noutsopoulos C. et al., 2018; Sahondo Tapuwa et al., 2020); el Item 5 son los parámetros turbidez y UV (3) es el tercero en tener estudio de investigación, se encontró un tipo de agua residual que es agua municipal (3) (Torres Patricia et al., 2018); el Item 3 es el parámetro UV (1) , se encontró un tipo de agua residual que

es agua doméstica (1) (Guillossou Ronan et al., 2021) y el ítem 6 son los parámetros DQO, turbidez y UV (1) , se encontró un tipo de agua municipal (1) (Hillebrand Felipe et al., 2020) son los últimos en tener un solo estudio de investigación.

En general, el parámetro fisicoquímico (DQO) mostró mayor diversidad en los estudios y tipo de agua residual respecto a los que se presentaron con otros parámetros fisicoquímicos (Tabla N°06).

Vale la pena anotar que esta frecuencia no obedece la dominancia del tipo de AR en el tratamiento, sino más bien al número de veces que se repite en este tipo de estudios; parece haber una asociación de este tipo de agua residual con el parámetro fisicoquímico de DQO.

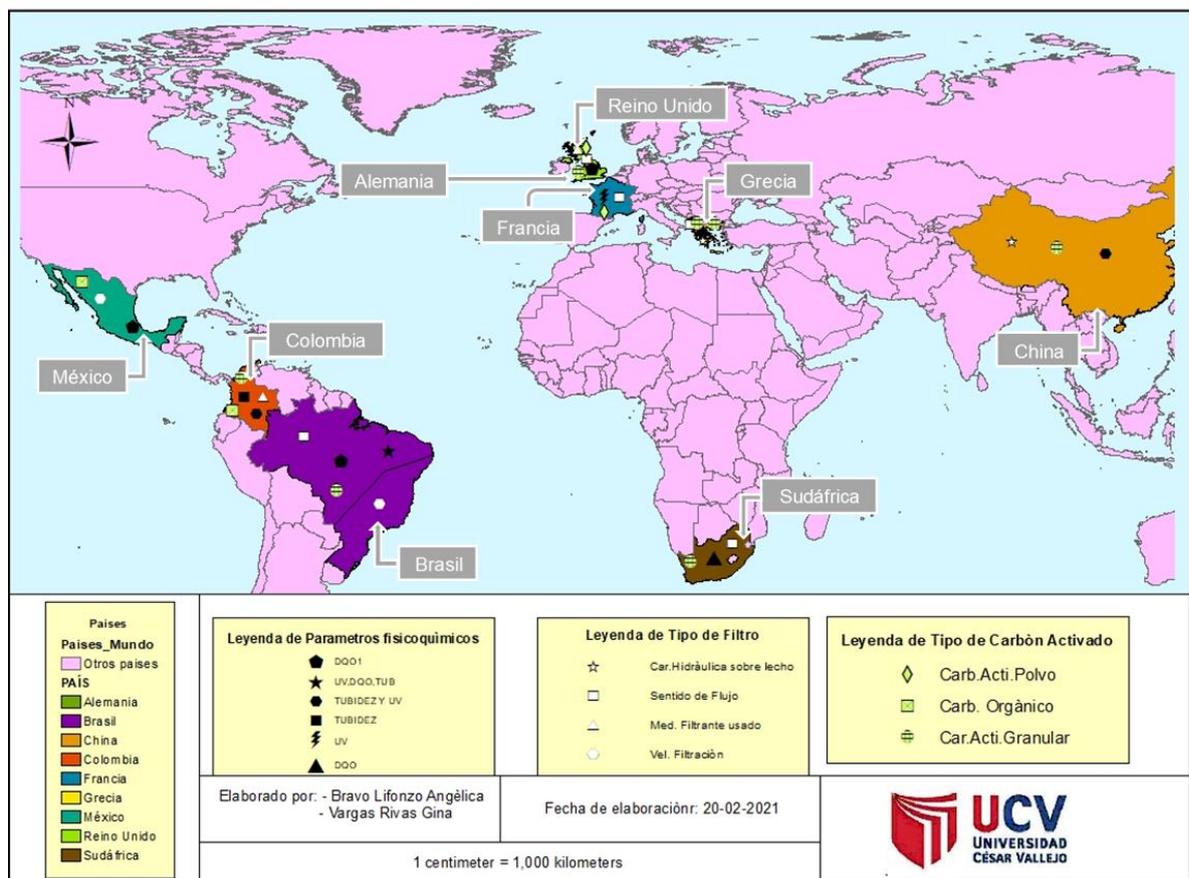
En esta revisión en la Tabla N° 07 describe los tipos de filtro y CA además se clasificaron de la siguiente manera: En el Item1, según el medio filtrante usado (5), el segundo en estudios de investigación, se encontraron dos tipos de filtro de los cuales son de GAC (Li Jianan; Zhou Qizhi y Campos Luiza C., 2018; Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018; Torres Patricia et al., 2018 y Torres Camilo et al., 2017) y carbón activado orgánico (Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012); el Item 2, según el sentido del flujo (6) el primero en estudios de investigación, se encontraron tres tipos de filtro de los cuales son de GAC (Baettker Ellen et al., 2018; Sbardella Luca et al., 2018; Guimarães Giulliano et al., 2012 y Sahondo Tapuwa et al., 2020) y PAC (Guillossou Ronan et al., 2021; Skouteris George et al., 2015); el Item 3 según la carga hidráulica sobre el lecho (3) el tercero en estudios de investigación, se encontró un tipo de filtro son de GAC (Xiaobin Tang et al., 2018; Noutsopoulos C et al., 2018; Calegari R. P. et al., 2018.); el Item 4 según la velocidad de filtración (2), el cuarto en estudios de investigación se encontró un tipo de filtro es de GAC (Hillebrand Felipe y Benetti António, 2020) y uno de carbón activado orgánico (Ruiz Tatiana et al., 2014).

En general, el tipo de filtro (sentido del flujo) mostró mayor diversidad en los estudios y tipo de CA respecto a los que se presentaron con otros tipos de filtro.

Además, el tipo de GAC tuvo mayor predominancia en relación al PAC. Esta frecuencia no obedece la dominancia del tipo de filtro, sino más bien al número de veces que se repite en este tipo de estudios; al igual con el tipo de CA (Tabla N°07). Todos los estudios presentan ventajas y desventajas excepto dos estudios (Baettker Ellen et al., 2018 y Guimarães Giulliano et al., 2012). (Tabla N° 08)

Las investigaciones objeto de esta revisión fueron realizadas en Alemania, Brasil, China, Colombia, Francia, Grecia, México, Reino Unido y Sudáfrica (Figura 1), pertenecientes a zonas de diferentes climas y temperaturas que varían a lo largo del año.

Figura 1: Países en donde se fueron llevadas a cabo las investigaciones incluidas en la revisión sistemática.



Las características y los resultados obtenidos en cada estudio, tales como los parámetros más significativos, el tipo de filtro y CA además de sus limitaciones en la en el tratamiento de la calidad de las AR se observan con mayor claridad en las Tablas N° 06, 07 y 08.

Tabla N° 06. Descripción de parámetros fisicoquímicos que influyen en los tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego

ITEM	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	ESTUDIO (ANEXO)	LUGAR	TIPO DE AGUA RESIDUAL	RESULTADO	REFERENCIA
1	DQO mg/l	14	Londres - Reino Unido	Aguas industriales	DQO = 63.9%, 65.8%, 62.9% y 50.8% mg/L	Li Jianan; Zhou Qizhi y Campos Luiza C., 2018.
		15	Reino Unido	Aguas industriales	DQO= 32 mg/L	Skouteris George et al., 2015.
		01	Alemania	Aguas municipales	DQO = 0.229 ± 0.081 mg/L	Sbardella Luca et al., 2018.
		02	Brasil	Aguas municipales	DQO= 1 ± 87 mg/L	Baettker Ellen et al., 2018.
		06	México	Aguas municipales	DQO = 183.48 mg/L	Ruiz Tatiana et al., 2014.
2	Turbidez NTU	07	Brasil	Aguas domésticas	Turbidez= 0.13 y 0.28 NTU	Guimarães Giulliano et al., 2012.
		16	Pereira - Colombia	Aguas domésticas	Turbidez= <2 NTU	Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012.

		12	Brasil	Aguas municipales	Turbidez= 90,60 %	Calegari R. et al., 2018.
		13	Bogotá - Colombia	Aguas municipales	Turbidez= 1.3 NTU	Torres Camilo et al., 2017.
3	UV ₂₅₄	10	Colombes - Francia	Aguas domésticas	UV ₂₅₄ = 23 (± 6) %	Guillossou, Ronan et al., 2021.
4	DQO mg/l y Turbidez NTU	09	Durban - Sudáfrica	Aguas domésticas	DQO = 61 ± 49 mg/L Turbidez = 1 ± 3 NTU	Sahondo Tapuwa et al., 2020.
		11	Atenas - Grecia	Aguas domésticas	DQO= 28.4 a 29.7 mg/L Turbidez= 10,4 y 11,4 NTU	Noutsopoulos C. et al., 2018.
5	Turbidez NTU, UV ₂₅₄	03	Puerto Mallarino - Colombia	Aguas municipales	Turbidez= 0.15 y 0.21 NTU UV ₂₅₄ = 0.049 y 0.079 cm ⁻¹	Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018.

		05	Songhua - China	Aguas municipales	Turbidez= 6.8 NTU UV ₂₅₄ = 54.2%, 70% 78%	Xiaobin Tang et al., 2018.
		08	Puerto Mallarino - Colombia	Aguas municipales	Turbidez = - GACVEG= 0.199 y 0.238 NTU - GACMIN= 0.206 y 0.236 NTU UV ₂₅₄ = - GACVEG=0.010 y 0.019 cm ⁻¹ - GACMIN= 0.007 y 0.008 cm ⁻¹	Torres Patricia et al., 2018.
6	DQO mg/l, Turbidez NTU y UV ₂₅₄	04	Moinhos de Vento - Brasil	Aguas municipales	Turbidez= 0.22 ± 0.11 NTU UV ₂₅₄ = 0.079 ± 0.013 cm ⁻¹ DQO= 0.62 ± 0.75 mg/L	Hillebrand Felipe et al., 2020.

Los tipos de AR en la Tabla N° 06 se clasificaron de la siguiente manera: En el Item 1 el parámetro DQO (5), se encontraron dos tipos de agua residual que son aguas industriales (2) donde el menor resultado fue DQO= 32 mg/L (Skouteris George et al., 2015), esto se debe a que su objetivo principal fue eliminar contaminantes persistentes en comparación a (Li Jianan; Zhou Qizhi y Campos Luiza C., 2018) y municipales (3) el menor resultado fue DQO = 0.229 ± 0.081 mg/L (Sbardella Luca et al., 2018) no quiere decir que fue el que redujo la mayor concentración de DQO este fue DQO= 1 ± 87 mg/L (Baettker Ellen et al., 2018) esto se debe a que su objetivo principal fue reducir los parámetros para la reutilización del agua residual en comparación con las otras dos investigaciones que tienen como objetivo eliminar sustancias farmacéuticas (Sbardella Luca et al., 2018) y además utilizan un tratamiento no tan eficaz (Ruiz Tatiana et al., 2014); el Item 2 es el parámetro turbidez (4), se encontraron dos tipos de agua residual que son aguas domésticas (2) el menor resultado fue Turbidez= <2 NTU (Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012) esto se debe a que su objetivo principal fue eliminar contaminantes persistentes en comparación a (Guimarães Giulliano et al., 2012) utilizado como post tratamiento y municipales (2) el menor resultado fue Turbidez= 1.3 NTU (Torres Camilo et al., 2017) esto se debe a que su objetivo principal fue reducir los parámetros para la reutilización del agua residual en comparación con (Calegari R. et al., 2018) eliminar los herbicidas; el Item 3 es el parámetro UV (1), se encontró un tipo de agua residual que es agua doméstica (1) el único resultado fue $UV_{254} = 23 (\pm 6) \%$ (Guillossou Ronan et al., 2021) esto se debe a que su objetivo principal fue remover los micro contaminantes orgánicos; el Item 4 son los parámetros DQO y turbidez (2) , se encontró un tipo de agua residual que es agua doméstica (2) el menor resultado fue en DQO= 28.4 a 29.7 mg/l (Noutsopoulos C. et al., 2018), y en Turbidez = 1 ± 3 NTU (Sahondo Tapuwa et al., 2020) depende de la concentración al inicio en la toma de muestra; el Item 5 son los parámetros turbidez y UV (3), se encontró un tipo de agua residual que es agua municipal (3) el menor resultado fue Turbidez= 0.15 y 0.21 NTU, $UV_{254} = 0.049$ y 0.079 cm^{-1} (Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018) esto se debe a que su objetivo principal fue remover un herbicida artificial en comparación a las otras dos investigaciones que eran reducir los parámetros (Torres Patricia et al., 2018 y Xiaobin Tang et al., 2018) y el Item 6 son los parámetros DQO, turbidez y UV (1), se

encontró un tipo de agua municipal (1) el único resultado fue DQO= 0.62 ± 0.75 mg/l, Turbidez= 0.22 ± 0.11 NTU y UV_{254} = 0.079 ± 0.013 cm⁻¹ (Hillebrand Felipe et al., 2020) esto se debe a que su objetivo principal fue reducir los parámetros.

Además, comparando el ECA-Perú se observó que de los 8 estudios que incluyen DQO en su parámetro fisicoquímico, solo 5 de estos cumplen con el ECA del agua (Li Jianan; Zhou Qizhi y Campos Luiza, 2018; Skouteris George et al., 2015; Sbardella Luca et al., 2018; Noutsopoulos C. et al., 2018; Hillebrand Felipe et al., 2020), ya que no sobrepasan los 40 mg/l, teniendo a este como su límite máximo permitido para el tipo de agua para riego. Asimismo, los 8 estudios restantes no contienen este parámetro fisicoquímico (Tabla N° 06).

Comparándolo con los estándares para riego permitidos en algunos países en la Tabla N° 02, se observan dos parámetros que van acorde al estudio realizado, Turbidez y DQO. En la tabla N° 06 solo 10 estudios contienen Turbidez, y de acuerdo con los 4 países que contienen este parámetro se ordenaron de la siguiente manera: En Corea del Sur y España su límite es ≤ 5 NTU y solo 7 de estos cumplen con ese límite (Guimarães Giulliano et al., 2012; Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012; Torres Camilo et al., 2017; Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018; Hillebrand Felipe et al., 2020; Sahondo Tapuwa et al., 2020; Xiaobin Tang et al., 2018), los 9 estudios restantes no contienen este parámetro fisicoquímico. En EPA de EE. UU. y Grecia su límite es ≤ 2 NTU y solo 5 de estos cumplen con ese límite (Guimarães Giulliano et al., 2012; Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012; Torres Camilo et al., 2017; Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018; Hillebrand Felipe et al., 2020), Los 11 estudios restantes no contienen este parámetro fisicoquímico.

De acuerdo con la tabla N°06 solo 8 estudios contienen el parámetro fisicoquímico DQO y de acuerdo con los 3 países que contienen este parámetro, en Francia, su límite es < 60 mg/l y solo 4 de estos cumplen con ese límite (Skouteris, George et al., 2015; Sbardella Luca et al., 2018; Noutsopoulos C. et al., 2018; Hillebrand Felipe et al., 2020), los 9 estudios restantes no contienen este parámetro fisicoquímico. En Israel y Italia, su límite es ≤ 100 mg/l y solo 6 de estos cumplen con ese límite (Skouteris George et al., 2015; Sbardella Luca et al., 2018; Noutsopoulos C. et al., 2018; Hillebrand Felipe et al., 2020; Baettker Ellen et al., 2018; Sahondo Tapuwa et al., 2020), los 9 estudios restantes no contienen este parámetro fisicoquímico.

Tabla N° 07. Descripción de los tipos de filtro con carbón activado que influyen en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego

ITEM	TIPO DE FILTRO	ESTUDIO (ANEXO)	LUGAR	CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE FILTRO	TIPO DE CARBÓN ACTIVADO	REFERENCIA
1	Según el medio filtrante usado	03	Puerto Mallarino - Colombia	Mixto	Carbón activado granular	Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres, Patricia, 2018.
		08	Puerto Mallarino - Colombia	Mixto	Carbón activado granular	Torres Patricia et al., 2018.
		13	Bogotá - Colombia	Mixto	Carbón activado granular	Torres Camilo et al., 2017.
		14	Londres - Reino Unido	Arena	Carbón activado granular	Li Jianan; Zhou Qizhi; Campos y Luiza C., 2018.
		16	Pereira -Colombia	Mixto	Carbón activado (Orgánico)	Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012.
2	Según el sentido del flujo	01	Alemania	Descendente	Carbón activado granular	Sbardella Luca et al., 2018.
		02	Brasil	Ascendente	Carbón activado	Baettker Ellen et

					granular	al., 2018.
		07	Brasil	Mixto	Carbón activado granular	Guimarães Giulliano et al., 2012.
		09	Durban -Sudáfrica	Mixto	Carbón activado granular	Sahondo Tapuwa et al., 2020.
		10	Colombes - Francia	Ascendente	Carbón activado en polvo	Guillossou Ronan et al., 2021.
		15	Reino Unido	Mixto	Carbón activado en polvo	Skouteris George et al., 2015.
3	Según la carga hidráulica sobre el lecho	05	Songhua - China	Presión	Carbón activado granular	Xiaobin Tang et al., 2018.
		11	Atenas - Grecia	Presión	Carbón activado granular	Noutsopoulos C et al., 2018.
		12	Brasil	Presión	Carbón activado granular	Calegari R. et al., 2018.
4	Según la velocidad de filtración	04	Moinhos de Vento - Brasil	Rápido	Carbón activado granular	Hillebrand Felipe y Benetti António, 2020.
		06	México	Rápido	Carbón activado (Orgánico)	Ruiz Tatiana et al., 2014.

En esta revisión en la Tabla N° 07 describe los tipos de filtro y CA además se clasificaron de la siguiente manera: En el Item 1, según el medio filtrante usado (5), el segundo en estudios de investigación, se encontraron dos tipos de filtro de los cuales son de GAC indicando una reducción notable en sus parámetros, esto se debe a las características del CA y el tipo de filtro que se usa (Li Jianan; Zhou Qizhi; Campos y Luiza C., 2018; Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018; Torres Patricia et al., 2018 y Torres Camilo et al., 2017) en comparación con el carbón activado orgánico (Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012); el Item 2, según el sentido del flujo (6) el primero en estudios de investigación, se encontraron tres tipos de filtro de los cuales son de GAC indicando una reducción notable en sus parámetros, esto se debe a las características de CA y el tipo de filtro que se usa (Baettker Ellen et al., 2018; Sbardella Luca et al., 2018; Guimarães Giulliano et al., 2012 y Sahondo Tapuwa et al., 2020) en comparación con el PAC (Guillossou Ronan et al., 2021; Skouteris George et al., 2015); el Item 3 según la carga hidráulica sobre el lecho (3) el tercero en estudios de investigación, se encontró un tipo de filtro donde son de GAC indicando una reducción notable en sus parámetros, esto se debe a las características de CA y el tipo de filtro que se usa (Xiaobin Tang et al., 2018, Noutsopoulos C et al., 2018, Calegari R. et al., 2018); el Item 4 según la velocidad de filtración (2), el cuarto en estudios de investigación se encontró un tipo de filtro donde es de GAC indicando una reducción notable en sus parámetros, esto se debe a las características de CA y el tipo de filtro que se usa (Hillebrand Felipe y Benetti António, 2020) y uno de carbón activado orgánico (Ruiz Tatiana et al., 2014). En general el CA tiene una característica principal que es la porosidad, el GAC tiene mayor porosidad en comparación al PAC.

Tabla N° 08. Ventajas y desventajas de los tipos de filtro con carbón activado que influyen en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego

ITEM	TIPO DE FILTRO	ESTUDIO (ANEXO)	LUGAR	VENTAJAS	DESVENTAJAS	REFERENCIA
1	Según el medio filtrante usado	03	Puerto Mallarino - Colombia	Confirma la mayor capacidad de remoción de compuestos orgánicos (representada en términos de UV ₂₅₄).	Los filtros que utilizan GAC son más susceptibles a la infiltración de turbidez. Otro aspecto importante que podría afectar la turbidez del efluente de la filtración GAC es el lavado del medio adsorbente.	Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018.
		08	Puerto Mallarino - Colombia	La implementación de CA aseguró la calidad del efluente final.	La filtración GAC mostró menor remoción de turbidez que el filtro de arena.	Torres Patricia et al., 2018.
		13	Bogotá - Colombia	Alto porcentaje de adsorción.	A medida que el sistema contiene CA, las interacciones electrostáticas entre los iones contenidos en la corriente de entrada y la superficie de carbono, tienden a cambiar el pH del agua de salida.	Torres Camilo et al., 2017.

		14	Londres - Reino Unido	El filtro 2 es una mejor remoción en DQO.	Los filtros 2,4 y 5 no presentaron mejores remociones en el DQO.	Li Jianan; Zhou Qizhi y Campos y Luiza, 2018.
		16	Pereira - Colombia	La relación del agua coagulada con la turbiedad residual obtenida del agua sedimentaria para cada ensayo, se obtuvo valores dentro de los límites de intervalo.	Se presentan valores de turbiedad del agua sedimentada por encima de 15 NTU y se relaciona directamente con un exceso en la dosificación de coagulante.	Betancur Bibiana; Jiménez David y Linares Balmes, 2012.
2	Según el sentido del flujo	01	Alemania	Las partículas de GAC se caracterizaron por una alta capacidad de adsorción.	Los GAC con mayor tamaño de partícula, como los utilizados en el trabajo actual, exhibirían más bloqueo de poros y por lo tanto, menor remoción de materia orgánica.	Sbardella Luca et al., 2018.
		02	Brasil	El filtro de CA mostró una mejor estabilidad y mayores eficiencias de remoción de DQO.	No presentan desventajas	Baettker Ellen et al., 2018.
		07	Brasil	La adsorción con carbón activado granular, como postratamiento, demostró ser bastante eficiente para asegurar la calidad de los efluentes finales en las pruebas realizadas, especialmente en lo que se refiere a turbidez.	No presentan desventajas	Guimarães Giulliano et al., 2012.

		09	Durban - Sudáfrica	Las columnas de C.A funcionaron sin pérdida de rendimiento durante todo el estudio, requiriendo un retrolavado poco frecuente y ningún reemplazo de GAC en los ocho meses de operación, lo que sugiere que estos componentes tienen un intervalo de reemplazo prolongado (~ 1 año o más).	Se requerirán pruebas de campo más prolongadas para determinar la vida útil del servicio del GAC.	Sahondo Tapuwa et al., 2020.
		10	Colombes - Francia	Con UV ₂₅₄ , se obtuvieron mejores correlaciones utilizando fluorescencia total mediante la filtración GAC utilizando columnas rápidas de pequeña escala, mayor sensibilidad y selectividad.	Se preparó PAC a partir de μ GAC triturado.	Guillossou Ronan et al., 2021.
		15	Reino Unido	La ventaja de los MBR asistidos por CA en comparación con los MBR convencionales está fuertemente relacionada con su capacidad para eliminar contaminantes resistentes.	La adición de CA sólo puede mejorar ligeramente la calidad del permeado final, DQO.	Skouteris George et al., 2015.
3	Según la carga hidráulica sobre el lecho	05	Songhua - China	La presencia de GAC influyó en la composición de la capa de bioincrustación; reduciendo la acumulación de contaminantes, El GAC podría evitar que las incrustaciones	Ocurrieron tormentas de lluvia con regularidad y la turbidez del agua cruda aumentó incidentalmente a 30-100 NTU.	Xiaobin Tang et al., 2018.

				entren en contacto directo con la superficie de la membrana o se depositen en los poros de la membrana.		
		11	Atenas - Grecia	La filtración con CA fue el mecanismo principal de eliminación de casi todos los contaminantes (DQO total y soluble y los tensioactivos).	La remoción de turbidez, SST, carbono orgánico y tensioactivos fue menos que los otros sistemas.	Noutsopoulos C et al., 2018.
		12	Brasil	Los efluentes provenientes del agua pluvial y agua de ciclo de lavado, presentan una baja cantidad de materia orgánica en comparación a otros efluentes.	Los residuos sólidos, esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición.	Calegari R. et al., 2018.
4	Según la velocidad de filtración	04	Moinhos de Vento - Brasil	Fue el responsable de reducir el 90,60% de dicha turbidez.	Reduce menos turbidez que el tratamiento con osmosis inversa.	Hillebrand Felipe y Benetti António, 2020.
		06	México	El efluente del filtro CAG mostró una concentración de DQO 18% menor que la del efluente del filtro de arena.	Las columnas CAG se instalaron en un área protegida de la luz solar para evitar el crecimiento de algas.	Ruiz Tatiana et al., 2014.

En la Tabla N° 08 se explicó las ventajas y desventajas según el tipo de filtro: En el Item1, según el medio filtrante usado (5) las ventajas más relevantes fueron el alto porcentaje de adsorción (Torres Camilo et al., 2017) y confirma la mayor capacidad de remoción de compuestos orgánicos (Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018), en cuanto a las desventajas los

filtros que utilizan GAC son más susceptibles a la infiltración de turbidez (Fuentes Lina; Amézquita Claudia y Torres Patricia, 2018) tanto la ventaja y desventaja se debe al tipo de CA usado en cada estudio; el Item 2, según el sentido del flujo (6) la ventaja más notable es la adsorción que demostró ser bastante eficiente para asegurar la calidad de los efluentes finales (Guimarães Giulliano et al., 2012) en cuanto a las desventajas el GAC con mayor tamaño de partícula exhibirían más bloqueo de poros y por lo tanto, menor remoción de materia orgánica (Sbardella Luca et al., 2018) tanto la ventaja y desventaja se debe al tipo de CA usado en cada estudio; el Item 3 según la carga hidráulica sobre el lecho (3) la ventaja más predominante es la filtración con CA fue el mecanismo principal de eliminación de casi todos los contaminantes (Noutsopoulos C et al., 2018) y la desventaja ocurrieron tormentas de lluvia con regularidad y la turbidez del agua cruda aumentó incidentalmente (Xiaobin Tang et al., 2018) tanto la ventaja y desventaja se debe al tipo de CA usado en cada estudio además que el clima influye en el estudio; el Item 4 según la velocidad de filtración (2) la ventaja más resaltante es el efluente del filtro GAC mostró una concentración de DQO 18% menor que la del efluente del filtro de arena y la desventaja se instalaron en un área protegida de la luz solar para evitar el crecimiento de algas (Ruiz Tatiana et al., 2014) tanto la ventaja y desventaja se debe al tipo de CA usado en cada estudio además que el clima influye en el estudio.

V. CONCLUSIONES

- Se analizaron los parámetros fisicoquímicos (DQO, UV y Turbidez), la mayor frecuencia fue el parámetro fisicoquímico, DQO. Además, comparando el ECA-Perú se observó que de los 8 estudios que incluyen DQO en su parámetro, solo 5 de estos cumplen con el ECA del agua. Asimismo, comparando con los parámetros de algunos países, se observa solo 2 parámetros (DQO y Turbidez) que van acorde al estudio realizado, en cuanto al DQO, solo 8 estudios contienen el parámetro, y de acuerdo con los 3 países que contienen este parámetro, en Francia, su límite es <60 mg/l y solo 4 de estos cumplen con ese límite. En Israel e Italia, su límite es ≤ 100 mg/l y solo 6 de estos cumplen con ese límite. Respecto al parámetro fisicoquímico Turbidez solo 10 estudios contienen ese parámetro y de acuerdo con los 4 países que incluyen este parámetro, en Corea del Sur y España su límite es ≤ 5 NTU y solo 7 de estos cumplen con ese límite. En EPA de EE. UU. y Grecia su límite es ≤ 2 NTU y solo 5 de estos cumplen con ese límite.
- Los tipos de filtro con carbón activado, de mayor incidencia en el tratamiento de aguas residuales fue según el sentido de flujo, además el tipo de filtro con carbón activado más frecuente fue el carbon activado granular.
- Las limitaciones de los tipos de filtro con CA, presentan en todos los estudios ventajas y desventajas, excepto dos estudios no presentan desventajas.
- La dificultad que se presentaron fue que no se encontró mucha información en relación con el estudio realizado.

VI.RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar nuevas técnicas para la reducción de sus parámetros fisicoquímicas al momento del tratamiento de AR.
- Se recomienda ampliar las investigaciones sobre el tipo de filtro con CA, para conocer nuevas características del funcionamiento de este, en el tratamiento de AR.
- Se recomienda comparar y contrastar el rendimiento de la vida útil de los tipos de filtro, además de discutir los desafíos que enfrentan los diferentes tipos de filtro con CA en el tratamiento de AR.
- En el transcurso de la revisión se observó que en el continente africano no existen muchos estudios referidos al desarrollo y utilización de los filtros para el tratamiento de AR, es por ese motivo que se recomienda realizar investigaciones de índole experimental en ese tema, para tener un amplio rango de análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuatecnica S.A.S. *Tipos de plantas de tratamientos de aguas residuales* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-aguas-residuales/>
2. ALVARADO VALDIVIESO, Karen Guadalupe. “*Diseño de un sistema de tratamiento de aguas para la recirculación en los procesos industriales de la hormigonera de los andes, Provincia Chimborazo*” [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2016. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/234575498.pdf>
3. ANIRUDDHA BHALCHANDRA, PANDIT AND JYOTI KISHEN, KUMAR. Drinking water treatment for developing countries: physical, chemical and biological pollutants. En: *Introduction* [online]. Edited by Royal Society of Chemistry, 2019. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 01-20. ISBN: 978-1-78801-293-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/9781788012935-00001>
4. ARAUJO ALONSO, Miguel. Fundamentos y limitaciones de la revisión de la literatura biomédica. *Introducción a la Medicina Basada en Evidencias - Medwave*. [en línea]. Octubre 2011, Vol. 338, n. 2, pp. 1-3. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289096960_Fundamentos_y_limitaciones_de_la_revision_de_la_literatura_biomedica
5. ARIAS VALENCIA, María Mercedes y GIRALDO MORA, Clara Victoria. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Investigación y Educación en Enfermería* [en línea]. 2011, octubre-diciembre, Vol. 29, n. 3, pp. 500-514. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0120-5307. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105222406020>
6. Ariza, Alexander. *Tipos de justificación* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://procesamientoinvestigativo.blogspot.com/2017/11/tipos-de-justificacion.html>
7. AZABACHE LIZA, Yrwin Francisco y CACHAY ORTIZ, Wilhen. “*Efecto del*

carbón activado, obtenido experimente a partir de cáscara de café (Coffe Arábica L.), en la adsorción de metales pesados, en aguas de acuíferos del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017” [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Sanitario). Universidad Nacional de San Martín, Perú, 2019. [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3500/INF.%20INVEST.-2017-Yrwin-Francisco-Azabache-Liza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. BAETTKER, Ellen Caroline; QUERNE DE CARVALHO, Karina; BENTES FREIRE, Flavio; HERMES PASSIG, Fernando y LOPES DE MORAIS, Josmaria. Materiais alternativos como meio suporte de filtros anaeróbios para tratamento de esgoto sanitário sintético. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [online]. 2018, november-december, Vol. 23, n.6, pp. 1091-1102. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 1809-4457. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018170758>
9. Banrepcultural. *Filtro de agua* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Filtro_de_agua
10. BERDONCES, Josep Lluís. La problemática del tratamiento del agua potable. *Medicina Naturista* [en línea]. 2008, Vol. 2, n. 2, pp. 69-75. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 1576-3080. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2574510>
11. BETANCUR C., Bibiana; JIMÉNEZ G, David M. and LINARES, Balmes G. Zeta potential (ζ) as a criterion for optimization of coagulant dosage in a drinking water treatment plant. *Dyna* [online]. 2012, October, Vol. 79, n. 175, pp. 166-172. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=49624958021>
12. CABEZAS MEJÍA, EDISON DAMIÁN; ANDRADE NARANJO, DIEGO; TORRES SANTAMARÍA, JOHANA. Introducción a la metodología de la investigación científica. En: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. *El conocimiento y la investigación* [en línea]. Andrade Aguirre David. Ecuador: Octubre, 2018. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 7-45. ISBN: 978-9942-765-44-4. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20>

[a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf](#)

13. CALEGARI, R. P.; MENDES, K. F.; MARTINS, B. C.; PIMPINATO, R. F.; BAPTISTA, A. S. and TORNISIELO, V. L. Remoção de Diuron e Hexazinone em Água de Abastecimento Público Utilizando Um Sistema de Filtros. *Planta Daninha* [online]. 2018, Vol. 36, pp. 2-10. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 1806-9681. Disponible en:
<https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100147>
14. CAMPOVERDE NIÑO, Omayra Jazmín. *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura, Perú, 2019. [Consultado 01 de febrero de 2021]. Disponible en:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. CARACELA YUCRA, Pilar Gaby. “*Efecto del carbón activado de lenteja de agua (Lemna sp.) en la remoción de cloro residual del agua en la industria de bebidas*” [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Nacional del Altiplano, Perú, 2017. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6836/Caracela_Yucra_Pilar_Gaby.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. Carbotecnia. *¿Cuál es la diferencia entre absorción y adsorción?* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en:
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/diferencia-entre-absorcion-y-adsorcion/>
17. Carbotecnia. *¿Qué es el carbón activado?* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en:
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>
18. CARRASCO TITO, Blanca Steffanía y LONDA VELETANGA, Erika Gabriela. *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco “Cocos Nucífera L”* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Universidad de Cuenca, Ecuador, 2018. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en:
[https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31705/1/Trabajo%20de%](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31705/1/Trabajo%20de%20)

[20Titulaci%C3%B3n.pdf](#)

19. Curiosoando. *¿Qué diferencia absorción y adsorción?* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://curiosoando.com/que-diferencia-absorcion-y-adsorcion>
20. ESCUDERO SÁNCHEZ, CARLOS LEONEL Y CORTEZ SUAREZ, LILIANA ALEXANDRA. Técnica y métodos cualitativos para la investigación científica. En: Arreaga Salazar, Carlos; Quezada Abad, Cesar y Tinoco Izquierdo, Wilson. *La implementación y gestión de los procesos de investigación social cualitativos* [en línea]. UTMACH. Ecuador: Editado por Lozano Zambrano, Karina, 2018. [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. pp. 72-89. ISBN: 978-994224-092-7. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
21. ESPINOZA FREIRE, Eudaldo Enrique. La investigación cualitativa, una herramienta ética en el ámbito pedagógico. *Conrado* [en línea]. 2020, julio-agosto, Vol. 16, n. 75, pp. 103-110. [Fecha de Consulta: 10 de abril de 2021]. ISSN 2519-7320. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103
22. Esteve Pardo, José. *¿Las aguas residuales generan sustancias que dañan el medio ambiente?* [en línea] [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/las-aguas-residuales-generan-sustancias-que-danan-el-medio-ambiente/>
23. ESTRADA ASTURIAS, Jorge Mario. *“Aplicación de geotextiles en filtración lenta como parte del tratamiento terciario en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “ING. Arturo Pazos”, colonia aurora II, Zona 13 de la ciudad de Guatemala”* [en línea]. Tesis (Título de Magister en Ciencias de Ingeniería Sanitaria). Universidad de San Carlos De Guatemala, Guatemala, 2016. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0529_MT.pdf
24. Exposito, Paula; Rey, Paula; Alvarez, Nerea y Comerón, José. *Carbón* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://ies.garciabarros.ccmc.climantica.org/2019/01/15/carbon-2/>

25. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED (FAO). Afrontar la escasez de agua - un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. En: ONU - AGUA. *Opciones de respuesta políticas y de gestión* [en línea]. Roma: Editado por Consulta de expertos (Mary Harwood et al.), 2013. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 33-55. ISBN 978-92-5-307633-8. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3015s/i3015s.pdf>
26. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Water - the most basic resource but also the most essential* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/231215/>
27. Fluence. *What Is Activated Carbon Filtration?* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.fluencecorp.com/activated-carbon-filtration/>
28. FUENTES LÓPEZ, Lina; AMÉZQUITA MARROQUÍN, Claudia y TORRES LOZADA, Patricia. Application of double filtration with granular activated carbon for Atrazine reduction on water treatment processes. *Dyna* [online]. 2018, June, Vol. 85, n. 205, pp. 184-190. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68503>
29. FUNDNEIDER, T.; ACEVEDO ALONSO, V.; WICK, A.; ALBRECHT, D. and LACKNER, S. Implications of biological activated carbon filters for micropollutant removal in wastewater treatment. *Water Research* [online]. 2021, February, Vol. 189, n. 1, pp. 1-11. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0043-1354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116588>
30. G. J., Álvaro. *Importancia del agua de riego en la agricultura* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/agua-riego>
31. García May, Pedro Pablo; Delacámara, Gonzalo; Torras, Xavier and Horrach Torrens, Juan Mateo. *Waste water calls to action* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.wearewater.org/en/waste-water-calls-to-action_281401
32. GARCÍA SÁNCHEZ, María del Rocío; GODÍNEZ ALARCÓN, Guadalupe; PINEDA AVONZA, Bulfrano y REYES AÑORVE, Joaquín. Derecho al agua y calidad de vida. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo*

- Educativo (RIDE)* [en línea]. 2015, julio-diciembre, Vol. 6, n. 11, pp. 758-772. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 2007-7467. Disponible en: <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/124>
33. GUIMARÃES SILVA, Giulliano; PENA NAVAL, Liliana; DI BERNARDO, Luiz and DI BERNARDO DANTAS, Angela. Tratamento de água de reservatórios por dupla filtração, oxidação e adsorção em carvão ativado granular. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [online]. 2012, january-march, Vol. 17, n. 1, pp. 71-80. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 1413-4152. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522012000100011>
34. GUILLOSSOU, Ronan; LE ROUX, Julien; GOFFIN, Angélique; MAILLER, Romain; VARRAULT, Gilles; VULLIET, Emmanuelle; MORLAY, Catherine; NAULEAU, Fabrice; GUÉRIN, Sabrina; ROCHER, Vincent and GASPÉRI, Johnny. Fluorescence excitation/emission matrices as a tool to monitor the removal of organic micropollutants from wastewater effluents by adsorption onto activated carbon. *Water Research* [online]. 2021, february, Vol. 190, n. 15, pp. 1-10. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 0043-1354. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116749>
35. Gusmary Gustavo, Carmen Reinoa. *Investigación Cualitativa UPEL - IMPM* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://investigacioncualitativaromeromorales.blogspot.com/2017/01/calidad-de-la-investigacion-cualitativa.html>
36. HANSEOK, Jeong; HAKKWAN, Kim and TAEIL, Jang. Irrigation water quality standards for indirect wastewater reuse in agriculture: a contribution toward sustainable wastewater reuse in South Korea. *Water* [online]. 2016, january-april, Vol. 8, n. 4, pp. 1-18. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0120-5307. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w8040169>
37. HILLEBRAND, Felipe José and DOMINGUES BENETTI, Antônio. Caracterização da matéria orgânica dissolvida em processos de tratamento de água para consumo humano usando fracionamento rápido. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [online]. 2020, april, Vol. 25, n. 2, pp. 237-246. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 1809-4457. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020193488>
38. HLCSISTEMAS (HLC). *¿Qué es el carbón activado y para qué sirve?* [en línea]

- [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.hlcsac.com/noticias/que-es-carbon-activado/>
39. HU, Jingyi; AARTS, Annelies; SHANG, Ran; HEIJMAN, Bas and RIETVELD, Luuk. Integrating powdered activated carbon into wastewater tertiary filter for micro - pollutant removal. *Journal of Enviromental Management* [online]. 2016, july, Vol. 177, n. 15, pp. 45-52. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0301-4797. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.003>
 40. Ingeniería Romin - Especialistas en Agua. *Filtración mediante carbón activado* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://romin.com/2017/11/filtracion-mediante-carbon-activado/>
 41. Ivan. *Investigación cualitativa (II): ¿Cómo asegurar su rigor?* [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://audeodicereblog.wordpress.com/2018/01/13/investigacion-cualitativa-ii-como-asegurar-su-rigor/>
 42. KALPAKA – Enriching Nature. *Activated Carbon in Effluent Treatment* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.kalpakachemicals.com/news/activated-carbon-in-effluent-treatment/>
 43. Karki, Garurab. *Physical, chemical and Biological characteristics of sewage* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.onlinebiologynotes.com/physical-chemical-and-biological-characteristics-of-sewage/>
 44. Khokhar, Tariq. *Chart: Globally, 70% of Freshwater is Used for Agriculture* [online] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/opendata/chart-globally-70-freshwater-used-agriculture>
 45. KITCHENHAM, BARBARA. *Procedures for Performing Systematic Reviews* [online]. Australia: July 2004. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 1353-7776. Disponible en: <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>
 46. LI, Jianan; ZHOU, Qizhi y CAMPOS, Luiza C. The application of GAC sandwich slow sand filtration to remove pharmaceutical and personal care products. *Science of The Total Environment* [online]. 2018, september, Vol. 635, n. 1, pp. 1182-1190. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 0048-9697.

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.198>

47. LOMPE, Kim Maren; MENARD, David and BARBEAU, Benoit. Performance of biological magnetic powdered activated carbon for drinking water purification. *Water Research* [online]. 2016, june, Vol. 96, n. 1, pp. 42-51. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0043-1354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.03.040>
48. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio: Agua y Alimento* [en línea]. Organización Mundial de la Salud (OMS). Perú: Editado por MINAM, diciembre 2016. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>
49. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). *Decreto supremo N°004-2017, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* [en línea]. El Peruano. Perú: Junio 2017 [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
50. Moncada H., Laura P. *Diseños Narrativos* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://laurapatriciameh.blogspot.com/2018/02/disenos-narrativos.html#:~:text=Los%20dise%C3%B1os%20narrativos%20se%20caracterizan,su%20propio%20instrumento%20de%20investigaci%C3%B3n.>
51. Monge Redondo, Miguel Angel. *Calidad del agua de riego* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.universidadderiego.com/calidad-del-agua-de-riego/>
52. Muñoz Ramírez, Iraní. *Justificación de un trabajo de investigación: ¿qué es y cómo se hace?* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://blog.posgrados.iberomex.mx/justificacion-de-un-trabajo-de-investigacion/>
53. NAVARRETE AGUIRRE, Diana Fernanda; QUIJANO ARTEAGA, Nadia Rosaura y VÉLEZ SANCÁN, Cristian Douglas. *“Elaboración de carbón activado*

En: *Conceptos y definiciones para identificar la I+D* [en línea]. España: Editado por Fundación española para la Ciencia y la tecnología, 2015. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 45-86. Disponible en: <https://www.oecd.org/publications/manual-de-frascati-2015-9789264310681-es.htm>

59. PARRA DOMÍNGUEZ, Martha Lilia y BRICEÑO RODRÍGUEZ, Isías Iván. Aspectos éticos en la investigación cualitativa. *Enfermería Neurológica* [en línea]. 2013, diciembre, Vol. 12, n. 3, pp. 118-121. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 1870-6592. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/enfneu/ene-2013/ene133b.pdf>
60. REN, Zhijun; JIA, Biao; ZHANG, Guangming; FU, Xiaolin; WANG, Zhanxin; WANG, Pengfei and LV, Longyi. Study on adsorption of ammonia nitrogen by iron-loaded activated carbon from low temperature wastewater. *Chemosphere* [online]. 2021, january, Vol. 262, pp. 1-10. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0045-6535. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127895>
61. RENNER, MICHAEL. *Wastewater and Jobs: The Decent Work approach to reducing untreated wastewater* [online]. Carrión Crespo, Carlos R.; Gutiérrez, Teresa María and Isaksson, Karín. World Water Development Report (WWDR). Suiza: March 2017. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISBN: 978-92-2-130837-9. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_548129.pdf
62. ROJAS BRAVO, Xiomara y OSORIO A., Belkis. Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa. *Gaceta de pedagogía* [en línea]. 2019, noviembre, n. 36, pp. 62-74. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 0435-026X. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/337428163>
63. RUIZ CUELLO, Tatiana; PESCADOR PIEDRA, Juan C.; RAYMUNDO NÚÑEZ, Leticia M. y PINEDA CAMACHO, Gabriela. Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación para el uso de agua residual. *Revista cubana de química* [en línea]. 2014, septiembre-noviembre, Vol. 27, n. 3, pp. 315-324. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0258-5995. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543742010>
64. Planas, Oriol. *Carbón, origen, tipos y características de este combustible fósil*

- [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://solar-energia.net/energias-no-renovables/combustibles-fosiles/carbon>
65. PLAZA GUZMÁN, Jorge Javier; URIGUEN AGUIRRE, Patricia Alexandra y BEJARANO COPO, Holger Fabrizzio. Validez y confiabilidad en la investigación cualitativa. *Revista Arje* [en línea]. 2017, julio-agosto, Vol. 11, n. 21, pp. 344-349. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 2443-4442. Disponible en: <http://arje.bc.uc.edu.ve/arj21/art24.pdf>
66. PRADO ORELLANA, Vanessa. “Aprovechamiento de aguas residuales en el patio taller de la línea 1 del metro de Lima” [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero agrícola). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2015. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2168/P10-P7_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
67. SAB - cherish your water. *The Quality of irrigation water* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.sabspa.com/en/the-quality-of-irrigation-water/>
68. SAHONDO, Tapuwa; HENNESSY, Sarah; SINDALL, Rebecca C.; CHAUDHARI, Hitendra; TELESKI, Stephanie; LYNCH, Brendon J.; SELLGREN, Katelyn L.; STONER, Brian R.; GREGO, Sonia and HAWKINS, Brian T. Field testing of a household-scale onsite blackwater treatment system in South Africa. *Science of The Total Environment* [online]. 2020, february, Vol. 703, n. 10, pp. 01-09. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135469>
69. Salas Ocampo, Danelly. *Los diseños de investigaciones con enfoque cualitativo* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/los-disenos-de-investigacion-con-enfoque-cualitativo/>
70. SALGADO LEVANO, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluaciones del rigor metodología y retos. *Liberabit* [en línea]. 2007, setiembre, Vol. 13, n. 13, pp. 71-78. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 1729-4827. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_abstract

71. SAMER, MOHAMED. *Wastewater Treatment Processes - Biological and Chemical* [online]. Edited by Samer, Mohamed. 2015. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISBN: 978-953-51-6390-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/61250>
72. Sánchez Montes, María. *Las aguas residuales en Perú, realidad al 2017* [en línea] [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>
73. SAVY, Virginia; D´ ALESSANDRO, Oriana; VALLE, Graciela M. y BRIAND, Laura E. Adsorción en la Vida Cotidiana. Un experimento de Físicoquímica con Aplicación Ambiental. *Formación Universitaria* [en línea]. 2012, september-november, Vol. 5, n. 2, pp. 37-40. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 07818-5006. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062012000200005>
74. SBARDELLA, Luca; COMAS, Joaquim; FENU, Alessio; RODRÍGUEZ RODA, Ignasi and WEEMAES, Marjoleine. Advanced biological activated carbon filter for removing pharmaceutically active compounds from treated wastewater. *Science of The Total Environment* [online]. 2018, september, Vol. 636, n. 15, pp. 519-529. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718313913>
75. Schwarcz Joe. *What Is Activated Carbon?* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.mcgill.ca/oss/article/quirky-science-you-asked/what-activated-carbon>
76. Sela, Guy. *Activated Carbon in water treatment* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://croapaia.com/blog/activated-carbon-in-water-treatment/>
77. Sela, Guy. *Irrigation water quality* [online] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/articles/irrigation-water-quality/>
78. Serrano, Carlos. *El experimento según el cual el agua es tan extraña que en realidad son dos líquidos* [en línea] [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55240798>

79. SKOUTERIS, George; SAROJ, Devendra; MELIDIS, Paraschos; HAI, Faisal I. and OUKI, Sabeha. The effect of activated carbon addition on membrane bioreactor processes for wastewater treatment and reclamation - A critical review. *Bioresource Technology* [online]. 2015, june, Vol. 185, pp. 399-410. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0960-8524. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.010>
80. SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO (SUNASS). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. En: PROAGUA III. *Cobertura del tratamiento de aguas residuales* [en línea]. Martha Miyashiro. Perú: Setiembre 2015. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 35-51. ISBN 978-92-3-300058-2. Disponible en: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
81. TANG, Xiaobin; PRONK, Wouter; DING, An; CHENG, Xiaoxiang; WANG, Jinlong; XIE, Binghan; LI, Guibai and LIANG, Heng. Coupling GAC to ultra-low-pressure filtration to modify the biofouling layer and bio-community: Flux enhancement and water quality improvement. *Chemical Engineering Journal* [online]. 2018, february, Vol. 333, n. 1, pp. 289-299. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 1385-8947. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.111>
82. TEHRANTIMES. *What is activated carbon or activated charcoal* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.tehrantimes.com/news/446192/What-is-activated-carbon-or-activated-charcoal>
83. TORRES LOZADA, Patricia; AMEZQUITA MARROQUÍN, Claudia Patricia; AGUDELO MARTÍNEZ, Karen Daniela; ORTIZ BENÍTEZ, Natalia and MARTÍNEZ DUCUARA, David Santiago. Evaluation of turbidity and dissolved organic matter removal through double filtration technology with activated carbon. *Dyna* [online]. 2018, june, Vol. 85, n. 205, pp. 234-239. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.65488>
84. TORRES PARRA, Camilo A.; GARCÍA Ubaque, César A.; GARCÍA UBAQUE, Juan C.; GARCÍA VACA, María C. y PACHECO GARCÍA, Robinson. Agua

- segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. *Revista de Salud Pública* [en línea]. 2017, julio-agosto, Vol. 19, n. 4, pp. 453-459. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0124-0064. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>
85. Tuser, Cristina. *What is wastewater?* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.wwdmag.com/wastewater-treatment/what-wastewater>
86. Tuset, Sergio. *Adsorción en carbón activado para el tratamiento de aguas residuales* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://blog.condorchem.com/adsorcion-en-carbon-activado-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>
87. UNITED NATIONS (ONU). *Better sewage treatment critical for human health and ecosystems* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/better-sewage-treatment-critical-human-health-and-ecosystems>
88. UNITED NATIONS UNIVERSITY INSTITUTE FOR INTEGRATED MANAGEMENT OF MATERIAL FLUXES AND OF RESOURCES (UNU-FLORES). Safe use of wastewater in agriculture: good practice examples. En: Paillés Bouchez, Carlos Antonio. *Council for Certification of Irrigation with Treated Water in Mexico (Mexico)* [online]. Hettiarachchi, Hiroshan and Ardakanian, Reza. Alemania: Editado por Caucci, Serena, Avasthy, Arjun; Shindelar, Rachel and Salleh, Atiqah Fairuz, 2016. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 35-51. ISBN 978-3-944863-30-6. Disponible en: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5764/SafeUseOfWastewaterInAgriculture.pdf>
89. URES RODRÍGUEZ, PABLO; JÁCOME BURGOS, ALFREDO; SUÁREZ LÓPEZ, JOAQUÍN. *Adsorción en Carbón Activo (FT-TER-002)* [en línea]. Inditex. España: Agosto-Setiembre 2014. [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Adsorci%C3%B3n+en+carb%C3%B3n+activo.pdf/29bfa658-fbd1-c98b-1606-8eb1252fc1b9>
90. VALLADARES CISNEROS, María Guadalupe; VALERIO CARDENAS, Cintya; DE LA CRUZ BURELO, Patricia y MELGOZA ALEMAN, Rosa María. Adsorbentes no convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento

- de aguas residuales. *Revista Ingenierías - Universidad de Medellín* [en línea]. 2017, Vol. 16, n. 31, pp. 55-73. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 1692-3324. Disponible en: <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a3>
91. VARELA RUIZ, Margarita y VIVES VARELA, Tania. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en Educación Médica* [en línea]. 2016, julio-setiembre, Vol. 5, n. 19, pp. 191-198. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. ISSN: 2007-5057. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.riem.2016.04.006>
92. WaterStation. *¿Cómo funciona un filtro de agua? (Conoce 5 tipos de filtros)* [en línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://waterstation.mx/cultura-del-agua/como-funciona-un-filtro-de-agua-conoce-5-tipos-de-filtros/>
93. We are water - Foundation. *The treatment of waste water, a right that cannot be postponed* [online] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.wearewater.org/en/the-treatment-of-waste-water-a-right-that-cannot-be-postponed_280851
94. WHO. *Drinking - water* [online] [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
95. Woodard, John. *Activated Carbon Filters 101* [online]. [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.freshwatersystems.com/blogs/blog/activated-carbon-filters-101>
96. WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). *Un world water development report 2019: Leaving no one behind*. En: UNESCO. *Physical and environmental dimensions* [online]. WWAP. París: Edited by Connor Richard, 2019 [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2021]. pp. 44-57. ISBN 978-92-3-300108-4. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>
97. WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). *Wastewater the untapped resource* [online]. UNESCO. WWAP. Francia: Edited by Connor Richard, 2017. [Fecha de consulta 01 de febrero de 2021]. ISBN 978-92-3-300058-2. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>
98. ZHANG, Feihu; ZHANG, Sheng; CHEN, Lei; LIU, Zilei and QIN, Junjie.

Utilization of bark waste of *Acacia mangium*: The preparation of activated carbon and adsorption of phenolic wastewater. *Industrial Crops and Products* [online]. 2021, february, Vol. 160, pp. 113-157. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN 0926-6690. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669020310748>

99. ZHANG, Shuangyi; GITUNGO, Stephen W; AXE, Lisa; RACZKO, Robert F. and DYKSEN, John E. Biologically active filters - An advanced water treatment process for contaminants of emerging concern. *Water Research* [online]. 2017, may, Vol. 114, n. 1, pp. 31-41. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2021]. ISSN: 0043-1354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.014>

ANEXOS

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	01
TÍTULO: Advanced biological activated carbon filter for removing pharmaceutically active compounds from treated wastewater.		
AUTOR (ES): Sbardella, Luca et al.		AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: ScienceDirect
---	-------------------------------------

Doi:	http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.214
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas municipales
TIPOS DE FILTRO:	Según el sentido del flujo: Descendente
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado granular (GAC)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	DQO = 200 mg/l
VENTAJAS:	Las partículas de GAC se caracterizaron por una alta capacidad de adsorción.
DESVENTAJAS:	Los GAC con mayor tamaño de partícula, como los utilizados en el trabajo actual, exhibirían más bloqueo de poros y, por lo tanto, menor remoción de materia orgánica.
RESULTADOS:	DQO = 0,229 ± 0,081 mg/l



TÍTULO: Alternative materials as support medium of anaerobic filters for the treatment of synthetic sanitary sewage

AUTOR (ES): Baettker, Ellen et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Scielo

Doi:	http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018170758
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas municipales
TIPOS DE FILTRO:	Según el sentido del flujo: Ascendente
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado granular (GAC)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	DQO= 372 ± 615 mg/l
VENTAJAS:	El filtro de carbón activado mostró una mejor estabilidad y mayores eficiencias de remoción de DQO.
DESVENTAJAS	No presentó desventajas
RESULTADOS:	DQO= 1 ± 87 mg/l



TÍTULO: Application of double filtration with granular activated carbon for Atrazine reduction on water treatment processes

AUTOR (ES): Fuentes, Lina; Amézquita, Claudia y Torres, Patricia.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Redalyc

Doi:	http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68503
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas municipales
TIPOS DE FILTRO:	Según el medio filtrante usado: Mixto
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado granular de origen Vegetal y Mineral.
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	Turbidez= 0.72-105 NTU UV ₂₅₄ = 0.15 cm ⁻¹
VENTAJAS:	Confirma la mayor capacidad de remoción de compuestos orgánicos (representada en términos de UV ₂₅₄).
DESVENTAJAS	Los filtros que utilizan GAC son más susceptibles a la infiltración de turbidez Otro aspecto importante que podría afectar la turbidez del efluente de la filtración GAC es el lavado del medio adsorbente.
RESULTADOS:	Turbidez= 0,15 y 0,21 NTU UV ₂₅₄ = 0.049 y 0.079 cm ⁻¹



TÍTULO: Characterization of dissolved organic matter in drinking water treatment processes using rapid fractionation

AUTOR (ES): Hillebrand, Felipe y Benetti, António.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Scielo

Doi:

<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020193488>

TIPO DE AGUA RESIDUAL:

Aguas municipales

TIPOS DE FILTRO:

Según la velocidad de filtración: Rápido

TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:

Carbón activado granular (GAC)

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:

Turbidez= $2,73 \pm 1,73$ NTU
UV₂₅₄= $0,093 \pm 0,016$ cm⁻¹
DQO= $2,46 \pm 1,43$ mg/l

VENTAJAS:

El efluente del filtro CAG mostró una concentración de DQO 18% menor que la del efluente del filtro de arena.

DESVENTAJAS

Las columnas CAG se instalaron en un área protegida de la luz solar para evitar el crecimiento de algas.

RESULTADOS:

Turbidez= $0,22 \pm 0,11$ NTU
UV₂₅₄= $0,079 \pm 0,013$ cm⁻¹
DQO= $0,62 \pm 0,75$ mg/l



TÍTULO: Coupling GAC to ultra-low-pressure filtration to modify the biofouling layer and bio-community: Flux enhancement and water quality improvement

AUTOR (ES): Xiaobin Tang et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Sciencedirect

Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.111>

TIPO DE AGUA RESIDUAL:

Aguas municipales

TIPOS DE FILTRO:

Según la carga hidráulica sobre el lecho: Por presión

TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:

Carbón activado granular (GAC)

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:

Turbidez= 3 y 10 NTU, 30-100 NTU durante las tormentas
UV254= 0.081-0.121 cm⁻¹

VENTAJAS:

La presencia de GAC influyó en la composición de la capa de bioincrustación; reduciendo la acumulación de contaminantes, El GAC podría evitar que las incrustaciones entren en contacto directo con la superficie de la membrana o se depositen en los poros de la membrana

DESVENTAJAS

Ocurrieron tormentas de lluvia con regularidad y la turbidez del agua cruda aumentó incidentalmente a 30-100 NTU

RESULTADOS:

Turbidez= 6,8 NTU
UV254= 54.2%, 70% 78%

**TÍTULO:** Design of a hydraulic system for reutilization water in a house**AUTOR (ES):** Ruiz, Tatiana et al.**AÑO DE PUBLICACIÓN:** (2014)**TIPO DE INVESTIGACIÓN:**
Experimental**PARTICIPANTES:** Redalyc

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543742010
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas municipales
TIPOS DE FILTRO:	Según la velocidad de filtración: Rápido
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado (Orgánico)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	DQO = 231.09 mg/l
VENTAJAS:	Los efluentes provenientes del agua pluvial y agua de ciclo de lavado, presentan una baja cantidad de materia orgánica en comparación a otros efluentes.
DESVENTAJAS:	Los residuos sólidos, esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición.
RESULTADOS:	DQO = 183.48 mg/l



TÍTULO: Double filtration, oxidation and granular activated carbon adsorption for treating lake water

AUTOR (ES): Silva, Giuliano
Guimarães et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2012)

TIPO DE INVESTIGACIÓN:
Experimental

PARTICIPANTES: Scielo

Doi:

<https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000100011>

TIPO DE AGUA RESIDUAL:

Aguas domésticas

TIPOS DE FILTRO:

Según el sentido del flujo: mixto

TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:

Carbón activado granular

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:

Turbidez= 1.5 NTU

VENTAJAS:

La adsorción con carbón activado granular, como postratamiento, demostró ser bastante eficiente para asegurar la calidad de los efluentes finales en las pruebas realizadas, especialmente en lo que se refiere a turbidez.

DESVENTAJAS

No presentó desventajas

RESULTADOS:

Turbidez= 0.13 y 0.28 NTU



TÍTULO: Evaluation of turbidity and dissolved organic matter removal through double filtration technology with activated carbon

AUTOR (ES): Torres Patricia et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Redalyc

Doi:	http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n205.65488
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas municipales
TIPOS DE FILTRO:	Según el medio filtrante usado: Mixto
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado granular (GAC); concha vegetal-coco y mineral-bituminoso
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	Turbidez= 0.44 NTU UV ₂₅₄ = 0.034 cm ⁻¹
VENTAJAS:	La implementación de carbón activado aseguró la calidad del efluente final.
DESVENTAJAS	La filtración GAC mostró menor remoción de turbidez que el filtro de arena.
RESULTADOS:	Turbidez = GACVEG= 0.199 y 0.238 NTU GACMIN= 0.206 y 0.236 NTU UV ₂₅₄ =GACVEG=0.010 y 0.019 cm ⁻¹ GACMIN= 0.007 y 0.008 cm ⁻¹



TÍTULO: Field testing of a household-scale onsite blackwater treatment system in South África

AUTOR (ES): Sahondo, Tapuwa et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020)

TIPO DE INVESTIGACIÓN:
Experimental

PARTICIPANTES: ScienceDirect

Doi:	http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135469
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas domésticas
TIPOS DE FILTRO	Según el sentido del flujo: Mixto
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado granular
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	DQO = 402 ± 95 mg/l Turbidez = 97 ± 57 (NTU)
VENTAJAS:	Las columnas de C.A funcionaron sin pérdida de rendimiento durante todo el estudio, requiriendo un retrolavado poco frecuente y ningún reemplazo de GAC en los ocho meses de operación, lo que sugiere que estos componentes tienen un intervalo de reemplazo prolongado (~ 1 año o más)
DESVENTAJAS:	Se requerirán pruebas de campo más prolongadas para determinar la vida útil del servicio del GAC.
RESULTADOS:	DQO = 61 ± 49 mg/l Turbidez = 1 ± 3 NTU



TÍTULO: Fluorescence excitation/emission matrices as a tool to monitor the removal of organic micropollutants from wastewater effluents by adsorption onto activated carbon.

AUTOR (ES): Guillossou, Ronan et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2021)

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Experimental

PARTICIPANTES: ScienceDirect

Doi:	http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116749
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas domésticas
TIPOS DE FILTRO:	Según el sentido del flujo: Ascendente
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado en polvo (PAC)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	UV254= 0.15 cm ⁻¹
VENTAJAS:	Con UV 254, se obtuvieron mejores correlaciones utilizando fluorescencia total mediante la filtración GAC utilizando columnas rápidas de pequeña escala, mayor sensibilidad y selectividad.
DESVENTAJAS:	Se preparó PAC a partir de µGAC triturado.
RESULTADOS:	UV254= 0.080 cm ⁻¹



TÍTULO: Greywater characterization and loadings – Physicochemical treatment to promote onsite reuse

AUTOR (ES): Noutsopoulos, C et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Sciencedirect

Doi:	https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.094
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas domésticas
TIPOS DE FILTRO:	Según la carga hidráulica sobre el lecho: Por presión
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado granular (GAC)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	Turbidez= 52-115 NTU DQO= 72 a 347 mg/l
VENTAJAS:	La filtración con carbón activado fue el mecanismo principal de eliminación de casi todos los contaminantes (DQO total y soluble y los tensioactivos)
DESVENTAJAS	La remoción de turbidez, SST, carbono orgánico y tensioactivos fue menos que los otros sistemas.
RESULTADOS:	Turbidez= 10,4 y 11,4 NTU DQO= 28.4 a 29.7 mg/l



TÍTULO: Removal of Diuron and Hexazinone from Public Water Supply Using a Filter System

AUTOR (ES): Calegari, R. P. et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN:
Experimental

PARTICIPANTES: Scielo

Doi:

<https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100147>

TIPO DE AGUA RESIDUAL:

Aguas municipales

TIPOS DE FILTRO:

Según la carga hidráulica sobre el lecho: Por presión

TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:

Carbón activado granular

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:

Turbidez= 11,6 NTU

VENTAJAS:

Fue el responsable de reducir el 90,60% de dicha turbidez.

DESVENTAJAS

Reduce menos turbidez que el tratamiento con osmosis inversa.

RESULTADOS:

Turbidez= 90,60%

**TÍTULO:** Safe water for rural communities from an alternative filtration system**AUTOR (ES):** Torres Camilo et al.**AÑO DE PUBLICACIÓN:** (2017)**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Experimental**PARTICIPANTES:** Scielo**Doi:**<https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>**TIPO DE AGUA RESIDUAL:**

Aguas municipales

TIPOS DE FILTRO:

Según el medio filtrante: Mixto

TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:

Carbón activado granular (GAC)

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:

Turbidez= 55 NTU

VENTAJAS:

Alto porcentaje de adsorción

DESVENTAJAS:

Adicionalmente, como el sistema contiene carbón activado, las interacciones electrostáticas entre los iones contenidos en el caudal de entrada y la superficie del carbón, tienden a modificar el pH del agua de salida

RESULTADOS:

Turbidez= 1,3 NTU



TÍTULO: The application of GAC sandwich slow sand filtration to remove pharmaceutical and personal care products.

AUTOR (ES): Li, Jianan; Zhou, Qizhi; y Campos Luiza C.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018)

TIPO DE INVESTIGACIÓN:
Experimental

PARTICIPANTES: ScienceDirect

Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.198>

TIPO DE AGUA RESIDUAL:

Aguas industriales

TIPOS DE FILTRO:

Según el medio filtrante usado: Arena

TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:

Carbón activado granular

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:

DQO =40 mg/l

VENTAJAS:

El filtro 2 es una mejor remoción en DQO.

DESVENTAJAS

Los filtros 2,4 y 5 no presentaron mejores remociones en el DQO.

RESULTADOS:

DQO = 63.9%, 65.8%, 62.9% y 50.8% mg/l



TÍTULO: The effect of activated carbon addition on membrane bioreactor processes for wastewater treatment and reclamarian – A critical review

AUTOR (ES): Skouteris, George et al.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2015)

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental

PARTICIPANTES: Sciencedirect

Doi:	https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.010
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas industriales
TIPOS DE FILTRO:	Según el sentido del flujo: Mixto
TIPO DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado en polvo (PAC)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	DQO= 172 mg/l
VENTAJAS:	La ventaja de los MBR asistidos por CA en comparación con los MBR convencionales está fuertemente relacionada con su capacidad para eliminar contaminantes resistentes
DESVENTAJAS	La adición de CA sólo puede mejorar ligeramente la calidad del permeado final, DQO
RESULTADOS:	DQO= 32 mg/l



TÍTULO: Zeta potencial (ζ) as a criterion for optimization of coagulant dosage in a drinking water treatment plant

AUTOR (ES): Betancur, Bibiana; Jiménez, David y Linares, Balmes.

AÑO DE PUBLICACIÓN: (2012)

TIPO DE INVESTIGACIÓN:
Experimental

PARTICIPANTES: Redalyc

Doi:	https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=49624958021
TIPO DE AGUA RESIDUAL:	Aguas domésticas
TIPOS DE FILTRO:	Según el medio filtrante: Mixto
TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO:	Carbón activado (Orgánico)
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AR:	Turbidez= 2.31 NTU y 211 NTU
VENTAJAS:	La relación del agua coagulada con la turbiedad residual obtenida del agua sedimentaria para cada ensayo, se obtuvo valores dentro de los límites de intervalo.
DESVENTAJAS:	Se presentan valores de turbiedad del agua sedimentada por encima de 15 NTU y se relaciona directamente con un exceso en la dosificación de coagulante.
RESULTADOS:	Turbidez= <2 NTU