UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL USO DE CARBÓN ACTIVADO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN ARCHIDONA, PROVINCIA DE NAPO.

AUTOR(ES):

Genesis Olivia Tanguila Alvarado

Cinthia Coraima Tunay Grefa

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Karem Yael Cazares Carrión

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con lo requerido
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con el contexto
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	16/20	El contexto es claro, pero la redacción pudo ser mejor
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	12/15	Cumple con lo requerido, pero la redacción pudo ser mejor
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple con lo requerido

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	Cumple de forma parcial con lo requerido
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	Cumple de forma parcial con lo requerido
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con lo requerido
VALORACIÓN TOTAL	89	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SILVIA YOLANDA TOSCANO QUISPE

Silvia Yolanda Toscano Quispe
Docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 08 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Si cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	No determina el problema del lugar de estudio
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	No se determina la problemática del lugar de estudio con relación a la planta de tratamiento y porque se hace necesario el usos de carbón activado, se desconoce el sistema que utilizan y eficiencia en procesos lo que justifica la investigación
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	Falta una explicación mas amplia del uso de la matriz de estudio, aplicaciones
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	hay faltas ortográficas en texto y gráfico

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Si cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Si cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Si cumple
VALORACIÓN TOTAL	90	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90

Atentamente,

ANGELICA MARIA TASAMBAY SALAZAR

Firmado digitalmente por ANGELICA MARIA TASAMBAY SALAZAR
Fecha: 2022.08.08 10:43:06 -05'00'

MSc. Angélica María Tasambay Salazar

docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los …8… días del mes de agosto de 2022….

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 03 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **Genesis Olivia Tanguila Alvarado**, con C.I. **1501234460**, con el Tema: **"Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo"**, de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del **4%,** Informe generado con fecha **02-08-2022** por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo.doc (D142616867)
Submitted	8/3/2022 2:09:00 AM
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**Proyecto investigación Danny Serrano.docx** Document Proyecto investigación Danny Serrano.docx (D57950213)	1
SA	**T3_TALLER DE TESIS 2_PUITIZA HUILCA KELY YANELITA _GAYTAN RUIZ MANUEL ALFONSO.docx** Document T3_TALLER DE TESIS 2_PUITIZA HUILCA KELY YANELITA _GAYTAN RUIZ MANUEL ALFONSO.docx (D140801847)	1
SA	**TESIS_Omar-Magali.docx** Document TESIS_Omar-Magali.docx (D106970593)	2
W	URL: http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html#:~:text=Luego%20se%20deben%20especificar%20los,mejora%20a%20un%20producto%20existente.Requena, Fetched: 8/3/2022 2:11:00 AM	1
SA	**Trabajo de Titulación Final, revisada.docx** Document Trabajo de Titulación Final, revisada.docx (D116180387)	2
SA	**Adsorcion Samaniego_Pulla.docx** Document Adsorcion Samaniego_Pulla.docx (D50925298)	1
SA	**1209_Artículo Durán-García FCQ.docx** Document 1209_Artículo Durán-García FCQ.docx (D15128393)	1

Entire Document

Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental (1)
Resumen
El agua es un recurso limitado y la demanda global crece cada día a pasos acelerados, en América Latina el 70% del agua retorna en condiciones antihigiénicas generando la contaminación y el riesgo al bienestar de los seres vivos, lo que hace necesario reducir las aguas residuales. Por tal motivo el presente artículo científico tiene objetivo realizar una revisión bibliográfica de las materias primas que se utilizan para la elaboración de carbón activado y su uso en el tratamiento de aguas residuales. La metodología utilizada fue de tipo exploratorio-documental, bajo un enfoque cualitativo, por medio del método deductivo e inductivo, la presente se basó en la recolección de datos de diferentes fuentes bibliográficas para el análisis de la información y la aplicación de la matriz de Pugh para determinar qué materia prima es apta para incorporarle al tratamiento de las aguas residuales del Cantón Archidona. Como resultado de la investigación se obtuvo que los lodos residuales y la cáscara de coco son las mejores materias primas para el carbón activado en base a su eficiencia en parámetros como turbidez, materia orgánica, aceites, grasas, coliformes termo-tolerantes, y sólidos suspendidos, así mismo por medio de la matriz de Pugh que el carbón de lodos activados consiguió un porcentaje de remoción más elevado, alcanzando un 99.9% en materia orgánica; así mismo se puede implementar un sistema complementario de dosificadores de carbón activado en reactores biológicos aireados. Se concluye que medio de la revisión bibliográfica que el carbón activado fabricado a partir de cáscaras de coco presenta una menor eficiencia de remoción 81.89% en turbidez, con respecto al carbón activado de lodos residuales que obtuvo un 89% para que pueda ser aprovechado en las PTAR en forma de dosificadores.
Palabras Clave: aguas residuales, carbón activado, eficiencia.
Abstract

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 03 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **Cinthia Coraima Tunay Grefa**, con C.I. **1501003410** , con el Tema: **"Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo"**, de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del **4%,** Informe generado con fecha **02-08-2022** por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo.doc (D142616867)
Submitted	8/3/2022 2:09:00 AM
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**Proyecto investigación Danny Serrano.docx** Document Proyecto investigación Danny Serrano.docx (D57950213)	1
SA	**T3_TALLER DE TESIS 2_PUITIZA HUILCA KELY YANELITA _GAYTAN RUIZ MANUEL ALFONSO.docx** Document T3_TALLER DE TESIS 2_PUITIZA HUILCA KELY YANELITA _GAYTAN RUIZ MANUEL ALFONSO.docx (D140801847)	1
SA	**TESIS_Omar-Magali.docx** Document TESIS_Omar-Magali.docx (D106970593)	2
W	URL: http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html#:~:text=Luego%20se%20deben%20especificar%20los,mejora%20a%20un%20producto%20existente.Requena, Fetched: 8/3/2022 2:11:00 AM	1
SA	**Trabajo de Titulación Final, revisada.docx** Document Trabajo de Titulación Final, revisada.docx (D116180387)	2
SA	**Adsorcion Samaniego_Pulla.docx** Document Adsorcion Samaniego_Pulla.docx (D50925298)	1
SA	**1209_Artículo Durán-García FCQ.docx** Document 1209_Artículo Durán-García FCQ.docx (D15128393)	1

Entire Document

Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental (1)
Resumen
El agua es un recurso limitado y la demanda global crece cada día a pasos acelerados, en América Latina el 70% del agua retorna en condiciones antihigiénicas generando la contaminación y el riesgo al bienestar de los seres vivos, lo que hace necesario reducir las aguas residuales. Por tal motivo el presente artículo científico tiene objetivo realizar una revisión bibliográfica de las materias primas que se utilizan para la elaboración de carbón activado y su uso en el tratamiento de aguas residuales. La metodología utilizada fue de tipo exploratorio-documental, bajo un enfoque cualitativo, por medio del método deductivo e inductivo, la presente se basó en la recolección de datos de diferentes fuentes bibliográficas para el análisis de la información y la aplicación de la matriz de Pugh para determinar qué materia prima es apta para incorporarle al tratamiento de las aguas residuales del Cantón Archidona. Como resultado de la investigación se obtuvo que los lodos residuales y la cáscara de coco son las mejores materias primas para el carbón activado en base a su eficiencia en parámetros como turbidez, materia orgánica, aceites, grasas, coliformes termo-tolerantes, y sólidos suspendidos, así mismo por medio de la matriz de Pugh que el carbón de lodos activados consiguió un porcentaje de remoción más elevado, alcanzando un 99.9% en materia orgánica; así mismo se puede implementar un sistema complementario de dosificadores de carbón activado en reactores biológicos aireados. Se concluye que medio de la revisión bibliográfica que el carbón activado fabricado a partir de cáscaras de coco presenta una menor eficiencia de remoción 81.89% en turbidez, con respecto al carbón activado de lodos residuales que obtuvo un 89% para que pueda ser aprovechado en las PTAR en forma de dosificadores.
Palabras Clave: aguas residuales, carbón activado, eficiencia.
Abstract

Revisión bibliográfica del uso de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales del Cantón Archidona, Provincia de Napo

Tanguila Alvarado Genesis Olivia[1]
amb2016165@uea.edu.ec

Tunay Grefa Cinthia Coraima[1]
amb2017323@uea.edu.ec

Cazares Carrión Karem Yael[2]
kcazares@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

El agua es un recurso limitado y la demanda global crece cada día a pasos acelerados, en América Latina el 70% del agua retorna en condiciones antihigiénicas generando la contaminación y el riesgo al bienestar de los seres vivos, lo que hace necesario reducir las aguas residuales. Por tal motivo el presente artículo científico tiene objetivo realizar una revisión bibliográfica de las materias primas que se utilizan para la elaboración de carbón activado y su uso en el tratamiento de aguas residuales. La metodología utilizada fue de tipo exploratorio-documental, bajo un enfoque cualitativo, por medio del método deductivo e inductivo, la presente se basó en la recolección de datos de diferentes fuentes bibliográficas para el análisis de la información y la aplicación de la matriz de Pugh para determinar qué materia prima es apta para incorporarle al tratamiento de las aguas residuales del Cantón Archidona. Como resultado de la investigación se obtuvo que los lodos residuales y la cáscara de coco son las mejores materias primas para el carbón activado en base a su eficiencia en parámetros como turbidez, materia orgánica, aceites, grasas, coliformes termo-tolerantes, y sólidos suspendidos, así mismo por medio de la matriz de Pugh que el carbón de lodos activados consiguió un porcentaje de remoción más elevado, alcanzando un 99.9% en materia orgánica; así mismo se puede implementar un sistema complementario de dosificadores de carbón activado en reactores biológicos aireados. Se concluye que medio de la revisión bibliográfica que el carbón activado fabricado a partir de cáscaras de coco presenta una menor eficiencia de remoción 81.89% en turbidez, con respecto al carbón activado de lodos residuales que obtuvo un 89% para que pueda ser aprovechado en las PTAR en forma de dosificadores.

***Palabras Clave**:* aguas residuales, carbón activado, eficiencia.

Abstract

Water is a limited resource and global demand grows every day at an accelerated pace, in

Latin America 70% of the water returns in unhygienic conditions generating pollution and risk to the well-being of living beings, which makes it necessary to reduce wastewater. For this reason, this scientific article aims to carry out a bibliographic review of the raw materials used for the production of activated carbon and its use in wastewater treatment. The methodology used was of an exploratory-documentary type, under a qualitative approach, through the deductive and inductive method, the present one was based on the collection of data from different bibliographic sources for the analysis of the information and the application of the Pugh matrix. to determine which raw material is suitable for incorporation into the treatment of wastewater in the Archidona Canton. As a result of the investigation, it was obtained that residual sludge and coconut shell are the best raw materials for activated carbon based on their efficiency in parameters such as turbidity, organic matter, oils, fats, thermo-tolerant coliforms, and suspended solids. Likewise, by means of the Pugh matrix, the activated sludge carbon achieved a higher removal percentage, reaching 99.9% in organic matter; Likewise, a complementary system of activated carbon dispensers can be implemented in aerated biological reactors. It is concluded that through the bibliographic review that activated carbon made from coconut shells has a lower removal efficiency of 81.89% in turbidity, compared to activated carbon from residual sludge that obtained 89% so that it can be used in the WWTP in the form of dispensers.

Keywords: wastewater, activated carbon, efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso limitado, debido a la escasez de este preciado recurso y la demanda cada vez mayor en todo el mundo, es fundamental descubrir formas de reutilizar y reciclar las aguas residuales siempre que sea posible (Badia & Huici, 2019). Según Yee-Batista (2013), investigador del Banco Mundial, el 70% del agua de uso doméstico en América Latina retorna a los cuerpos de agua dulce en condiciones antihigiénicas. Para analizar este problema, es necesario mencionar sus causas.

Es crucial comprender que no todas las aguas residuales son iguales; diversos procesos de generación de aguas residuales producen aguas residuales con diversos grados de contaminación debido a la presencia de diferentes tipos de compuestos químicos (Vargas *et al.*, 2020).

Los materiales de origen biológico, como los materiales bioadsorbentes de bajo costo con un alto potencial de adsorción de metales y otros compuestos que se encuentran en las aguas residuales, se encuentran entre las muchas opciones que se han explorado para

el tratamiento de aguas residuales durante mucho tiempo (Moreno, Ríos, & Flores, 2021); esto se ha convertido en un objetivo principal de la investigación científica, lo que ha llevado a evaluar la eficacia de numerosas biomasas vegetales y animales, incluidas, entre otras, cáscaras de cítricos (naranja y limón), cáscaras de yuca, cáscaras de manzana, cáscaras de coco, entre otros (Tejada *et al.*, 2015).

El carbón activado granular (GAC), un adsorbente efectivo y de bajo costo, es el más utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas porque puede usarse para eliminar o reducir significativamente la concentración de estos componentes (Valverde, 2020). Debido a su gran superficie y porosidad, el carbón activado puede absorber una amplia variedad de sustancias (Muñoz, 2010). La composición química del adsorbato, el pH de la solución acuosa y el tamaño medio de las partículas del carbón tienen un papel en su capacidad de adsorción. Esta capacidad de adsorción depende del tamaño medio de las partículas de carbón, del material a partir del cual se preparó y del pH de la solución acuosa, así como de la naturaleza química del adsorbato (Tejada & Villabona, 2015). La adsorción de metales sobre carbón activado se usa con frecuencia porque es un método físico-químico barato, fácil y efectivo para eliminar contaminantes (Valverde, 2020). La capacidad de adsorción de un CA está determinada por su superficie, que típicamente se describe por un tamaño de poro particular (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015).

La falta de acceso al agua potable en los hogares y de la calidad provoca que 361.000 niños menores de 5 años mueran cada año a causa de la diarrea, que puede afectar a todas las personas, según un informe de la OMS y UNICEF de 2017. Este es un problema importante, ya que aumenta el riesgo de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería y la hepatitis A que pueden afectar la salud de todas las personas.

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo principal de este estudio fue realizar una revisión bibliográfica acerca de las diferentes materias primas con la que se puede elaborar el carbón activado y determinar su eficiencia de remoción de contaminantes a través de diferentes parámetros y a su vez por medio de una matriz de Pugh de toma de decisiones, se evaluará la mejor materia prima de elaboración del carbón activado para una posible incorporación en las etapas de descontaminación de las aguas residuales domésticas

para la ciudad de Archidona, Provincia de Napo.

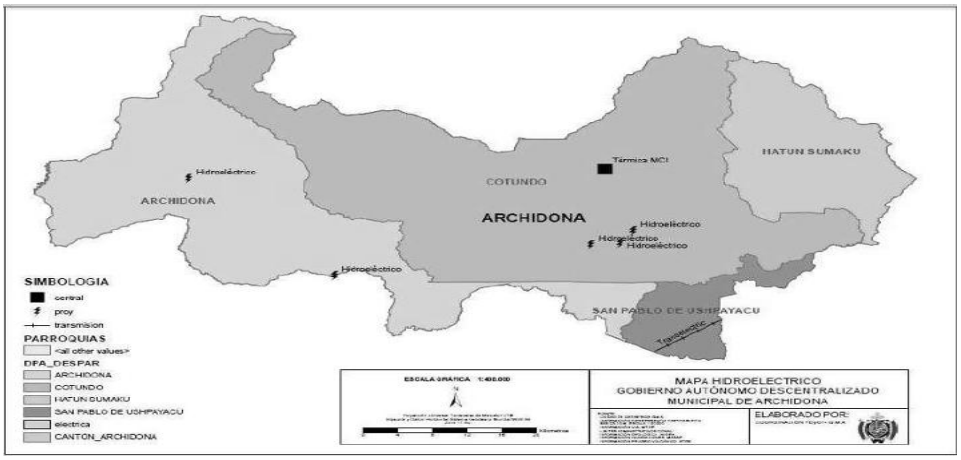
La presente investigación consta de cinco epígrafes: introducción, metodología, resultados, discusiones y conclusiones. Este estudio tuvo un enfoque cualitativo, y con diseño documental, la revisión documental y sistemática fue el tipo que se utilizó; con los resultados esperados se pretende dar a conocer las metodologías idóneas para poder implementar en el cantón Archidona en cuestión de la depuración a aguas residuales aplicando el carbón activado.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización

Está situado en la región amazónica, a una altura de 577 metros sobre el nivel del mar en el valle del río Misahualli. Este cantón presenta una temperatura promedio de 25 °C, la cual es cálida y húmeda debido a la presencia de la selva tropical. Tiene un nivel de humedad del 90 al 100 por ciento. La parroquia Archidona tiene una población aproximada de 25969 habitantes y está conformada por cuatro parroquias: Archidona, Cotundo, Hatun Sumaku y San Pablo de Ushpayaku. La parroquia Archidona, cuenta con una población aproximada de 11689 habitantes.

Ilustración 1. Ubicación de la zona de estudio Cantón Archidona



Fuente: Elaboración propia

2.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación se realizó bajo el enfoque de una investigación cualitativa por medio del método deductivo para el análisis de los distintos documentos referentes a la utilización del carbón activo como alternativa de tratamiento para aguas residuales. Presenta un enfoque inductivo que implica cuatro dimensiones principales las cuales son: inmersión inicial con el análisis de la problemática, la interpretación dentro de su contexto, se establecen las preguntas a responder y finalmente se da la recolección de datos a través de distintas fuentes bibliográficas (Otero, 2018).

2.3. Tipo de la investigación

Se trata de una investigación de tipo exploratorio-documental, por medio de la cual se obtiene información basada en fuentes bibliográficas, es decir, a través de un análisis teórico. Es también conocida como una investigación del tipo bibliográfico, cuya característica principal es el análisis e información de libros, artículos científicos, publicaciones y otros escritos dentro del contexto científico (Escudero & Cortez, 2018).

2.4. Búsqueda de estudios

Se tuvieron en cuenta datos relacionados con investigaciones respecto al tema de la depuración de aguas residuales domésticas por medio del uso del carbón activado. Esta investigación se realizó con información de las distintas bases de datos como Scopus, Scielo, Science Direct, Latindex y Redalyc incluyendo documentación tanto a nivel nacional como internacional. Para la búsqueda de estudios, se establecieron criterios de inclusión y exclusión, los mismos que fueron:

2.4.1. Criterios de inclusión

- Fecha de publicación (2017-2022).
- Artículos disponibles en texto completo.
- Palabras claves traducidas al idioma inglés: activated carbon, sewage water, treatmen, depuration.
- Ancladores de criterio: AND, OR, NOT.
- Los artículos por tomarse en cuenta incluyen aquellos de alto impacto.

- Artículos que hagan referencia al carbón activo y su influencia en la depuración de aguas residuales domésticas.
- Artículos realizados en ciudades determinadas.

2.4.2. Criterios de exclusión

- No se incluyeron búsquedas masivas de blogs o sitios web y otros medios, de tal forma que se garantizó la confiabilidad de las fuentes de información.
- Artículos que no se puedan obtener en texto completo.
- Estudios empíricos.
- Documentos con baja calidad de metodología.
- El documento no cumple con los criterios de inclusión.

2.5. Selección de la metodología para realizar el análisis de la materia prima más apta para obtener carbón activado

Para establecer si las diferentes materias primas a partir de las cuales se obtiene carbón activado revisadas en la bibliografía con respecto al carbón activo se los puede implementar en el cantón Archidona, se lo realizó en función de la matriz de decisiones diseñado por Stuart Pugh**.**

Esta matriz toma como referencia los criterios de selección y las alternativas propuestas, la finalidad de la matriz es estimar en base a una ponderación de +1 si es mejor el criterio, -1 si es peor el criterio, 0 si son similares (Pugh, 1990).

Se establecieron cuatro criterios de selección importantes al momento de decidir la materia prima base de obtención de carbón activado en base a toda la literatura científica recabada:

- Eficiencia de remoción: La capacidad de remover los contaminantes por parte sistema empleado.
- Costo de implementación: Son los gastos o el valor económico que cuesta implementar determinada tecnología.

- Materia prima: Materia prima primaria o desechos de otras industrias de los cuales está fabricado el carbón activado.
- Forma de activación: Método por el cuál el carbón se activa para atribuirle las propiedades de remoción de aguas residuales. Se puede presentar de dos maneras: mediante activación química utilizando agentes químicos como hidróxido de sodio (NaOH) y ácido fosfórico (H_3PO_4) que pueden ser perjudiciales para el ser humano y el medio ambiente si no se les da un óptimo manejo; y activación física que se genera mediante pirólisis y utilizando vapor de agua.

2.6. Matriz de Pugh

El análisis de selección para la mejor alternativa se realizó mediante el uso de la matriz de Pugh que permite establecer ponderaciones, para la selección de alternativas mediante su relación con los criterios definidos dándole valores según lo que el autor considera adecuado (Pugh, 1990), tal como lo indica la tabla 1.

Tabla 1. Ponderación de la Matriz de Pugh

PONDERACIONES	
+1	Si es mejor el criterio
-1	Si es peor el criterio
0	Si son similares.

Fuente: (Pugh, 1990).

El procedimiento consistió en seleccionar la primera opción de diseño y determinar, criterio por criterio, si su cumplimiento era mejor, peor o igual al de las otras alternativas. Si es mayor que el otro, se utiliza un signo "+"; de lo contrario, se utiliza un signo "-"; y si son iguales se utiliza un "0". Una vez terminada toda la tabla, se calcula el total de cada columna. La "mejor solución" o la "mejor alternativa" será el enfoque de diseño que maximice los beneficios y minimice los inconvenientes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Recopilación de estudios

Con la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión de la búsqueda de estudios, mencionados en el apartado metodológico, se desarrolló la Tabla 2 que indica la cantidad de documentos encontrados por cada buscador.

Tabla 2. Base de datos científica

Base Datos	Criterio de búsqueda	Resultados	Descartados	Seleccionados
Redalyc	"Carbón activado" AND "Aguas residuales"	15	12	3
Scielo	Aguas residuales AND carbón activo	24	14	10
	"sewage water" "carbon active"			
Science Direct	"Sewage water" OR "carbon active"	8	6	2
Latindex	Tratamiento de aguas residuales Carbón activado	6	1	5
Total		53	37	16

Fuente: Elaboración Propia

Los documentos hallados establecieron un margen de 20-53 artículos, entre artículos científicos y proyectos de titulación entre otros. Su análisis permitió formar un criterio de selección, al cual nos permita dar información específica para elaborar este proyecto de investigación, componiéndolo desde la introducción, la metodología hasta las conclusiones y resultados.

De los 50 artículos encontrados, se tomó en consideración, la autoría de los trabajos investigados para tener una información veraz, del cual se descartó 37 debido a que la información, no fue relevante al tema de investigación, y dando como resultados 16 artículos, así mismo se puede evidenciar que el repositorio que más aportó a los estudios elegidos para la revisión sistemática fue Scielo.

3.2. Base de datos

A través de la técnica de recopilación de información de fuentes secundarias, se agruparon los criterios de selección descritos por diferentes autores, los cuales engloban información necesaria para establecer la eficiencia de remoción del carbón activado. La tabla 3 evidencia los artículos encontrados con sus respectivos autores, además se menciona el porcentaje de remoción o eficiencia del tipo de carbón activado, así mismo se exhibe el tipo de material con el cual estuvo fabricado el carbón activado, el agente activador, y el estado de la materia prima.

Tabla 3. Eficiencia del carbón activado con respecto a las materias primas analizadas

Autor	Materia prima del carbón activado	Tipo de Activación	Agente activador	Eficiencia de remoción (%)	Costo del agente activador	Costo de la Materia prima	Estado de la materia prima	Parámetro de remoción
(Rojas-Morales, Guitiérrez, & Xolina, 2016)	Lodos residuales	Química	Ácido Fosfórico (H_3PO_4)	89.0	9.89$ /1.5kg	Depende el proveedor	Residuo	Turbidez, Materia Orgánica (MO)
(Cóndor & Maza, 2020)	Endocarpio de aceituna	Química	Hidróxido de Sodio (NaOH)	96.1	7.37$ / 1kg	Depende el proveedor	Residuo	Pb y Cd
(Janqui, 2018)	Tusa de maíz	Química	-	90.5	-	Sin coste	Residuo	Turbidez
(Lara, Tejada, Villabona, Arrieta Alfonso, & Granados, 2016)	Cacao	Física	Pirólisis	87.8	-	Sin coste	Residuo	Cd
Pereira *et al.* (2017)	Cascarilla de arroz	Química	H_3PO_4	86.7	9.89$ /1.5kg	Sin costo	Residuo	Colorantes
Carbajal (2019)	Cáscara de Toronja	Física	Pirólisis	92.3	-	Sin costo	Residuo	Materia Orgánica
Verajano y Casas (2021)	Bambú (*Chusquea scandens kunth)*	Física	Vapor de agua	98.4	-	4,5$ / unidad	Materia prima original	Hidrocarburos
Torres *et al* (2020)	Zea Mayz	Física	Vapor de agua	46.9	-	Sin coste	Residuo	Materia Orgánica
(Dorregaray, 2018)	Cáscara de piña	Química	-	98.6	-	Sin coste	Residuo	Turbidez y tintes

Escobar (2017)	Carbón activado comercial	Química	(NaOH)	83.1 86.7	9.89$ /kg	33$ /kg	Materia prima original	DBO_5 y DQO
Herrera (2018)	Lodos residuales	Física	Pirólisis	99.9	-	Dependiendo el proveedor	Residuo	Materia Orgánica
Ramírez *et al*. (2013)	Pino Patula	Química	-	99.0	-	4.33$ por vigas de 7 pungadas	Materia prima original	Turbidez
(Albis, López, & Romero, 2017)	Cáscara de Yuca	Química	-	99.9	-	Sin costo	Residuo	Hg
(Penedo, Manals, Vendrel, & Salas, 2013)	Cascara de coco	Química	-	99.6 98.1	-	Sin costo	Residuo	Co, Ni
(Espinal, 2017)	Cáscara de coco	Química	-	99.9 98.5. 86.6	-	Sin costo	Residuo	Aceites y grasas; coliformes termotolerantes, sólidos suspendidos
Cabrera (2020)	Cáscara de Coco	Química	H_3PO_4	81.8	9.89$ /1.5kg	Sin costo	Residuo	Turbidez

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Análisis de la matriz de base de datos

A través del análisis de la matriz anterior se pudo realizar la comparación de la eficiencia de remoción del carbón activado para distintos parámetros de contaminación que se encuentran en las aguas residuales domésticas, con respecto a diferentes materiales con los que se elabora el carbón activado; bajo este enfoque se puede asumir que el carbón activado elaborado teniendo como materia prima a los lodos residuales de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) fue uno de los más eficientes con respecto a los parámetros de turbidez y materia orgánica (MO), de la misma manera el carbón activado a base de cáscara de coco obtuvo valores elevados en remociones de Co, Ni, coliformes termo tolerantes, sólidos suspendidos, turbidez, aceites y grasas; por otra parte el carbón activado elaborado de la tuza de *zea mayz* obtuvo un efecto antagónico a los antes mencionado, ya que su eficiencia de remoción fue muy baja en comparación de las otras materias primas evaluadas.

De esta manera, Herrera (2018), manifiesta que el carbón activado se puede conseguir a través de los lodos residuales generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, el método de activación de estos lodos es físico, lo que evita la posibilidad de generar contaminación química al ambiente por el mal manejo de las sustancias de activación tóxicas o nocivas para el ser humano. Este tipo de carbón activado realiza una depuración tanto de turbidez como de sólidos suspendidos totales, con un promedio de eficiencia de 99.93%. Esta tecnología es muy eficiente y a la vez interesante, ya que la disposición final de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales presenta un problema para las empresas gestoras.

Por otra parte, Espinal (2016), presentó estudios de la activación química de carbón elaborado a base de la cáscara de coco, la misma que es un residuo agroindustrial, este tipo de carbón activado presenta un menor porcentaje de remoción comparado con el realizado por Albis *et al.* (2017), sin embargo, las utilidades que presenta son varias; entre las mejores se encontró una eficiencia de remoción del 99.96% en aceites y grasas; a su vez un 98.48% en coliformes termo tolerantes y 86.56% en sólidos suspendidos, lo que indica que la eficiencia de este tipo de carbón activado es superior a la descrita anteriormente. La

diferencia de los porcentajes de eficiencia y su parámetro se debe a la diferencia de temperatura a la cual la materia prima fue carbonizada, así mismo por el tipo de activación que se le realizó; el tamaño de los poros tiene una influencia directamente proporcional.

Escobar (2017), indica que el carbón activado comercial, el cual es activado químicamente, es eficiente con respecto a los parámetros de DBO_5 y DQO; sus porcentajes de eficiencia son 83.14% y 86.68% respectivamente, no obstante, este tipo de carbón es costoso en el mercado, pudiendo alcanzar valores de 33% por kilogramo, lo que evidentemente es superior a los anteriores mencionados y a los que se encuentran en todo el estudio, este tipo de carbón activado usualmente se suele elaborar a base de carbón mineral, que por su medio de extracción del subsuelo es costoso.

Según Pereira y otros (2017), en su investigación realizada sobre la aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para la descontaminación de aguas residuales obtuvo un porcentaje de remoción del 86.86% aplicando la activación química y como agente activo el ácido fosfórico; debido a que en base a estudios previos esta presenta ciertas ventajas a diferencia de la activación física; como es el alto rendimiento y el menor tiempo de activación, lo que genera un alto grado de porosidad. Según Torres y otros, (2020), demuestran la posibilidad de utilizar materiales de residuos agrícolas como la tuza de maíz para la obtención del carbón activado, este carbón tiene tiene una capacidad de sorción importante, sin embargo a diferencia de otros residuos agrícolas presenta un porcentaje muy bajo (46% en colorantes).

Otra de las materias primas que según Verajano & Casas, (2021) son muy útiles eficientes para la producción de carbón activado con un alto porcentaje de remoción de contaminantes en las aguas residuales son el bambú de la especie *Chusquea Scandens Kunth* reflejando en su investigación, que para la obtención del carbón activado aplicando la activación física y el vapor de agua como agente activador, se obtuvo hasta un 98.48% de remoción en hidrocarburos llegando a la conclusión que la aplicación del carbón activado como adsorbente de contaminantes en el tratamiento de aguas si es viable. Asímismo, Según Albis, López y Romero (2017), realizaron la activación química del carbón a base de la cáscara de yuca, generando un porcentaje de remoción muy elevado

particularmente del Mercurio (Hg), esto sucede debido a las condiciones químicas en las que se activó; cabe destacar que este tipo de carbón activado es más usual utilizar en aguas residuales industriales debido al parámetro para el cual es eficiente.

3.4. Determinación de la mejor materia prima de carbón activado para su posible utilización en el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Archidona

A continuación, en la tabla 4 se presenta la matriz de análisis de los criterios para su posterior valoración en la matriz de Pugh, donde se evaluó la materia prima para la elaboración del carbón activado que presenta un mayor beneficio con respecto a los criterios de evaluación analizados en la revisión bibliográfica y la mejor alternativa para una posible implementación en la ciudad de Archidona.

Tabla 4. Análisis de los criterios de evaluación para la matriz de Pugh de eficiencia del carbón activado con respecto a las materias primas analizadas

	Eficiencia de remoción	**Costo de implementación**	**Aprovechamiento de materia prima**	**Tipo de activación**
Lodos residuales	Presenta una buena eficiencia de remoción en turbidez y materia orgánica (Rojas-Morales, Guitiérrez, & Xolina, 2016) Herrera (2018).	Para la transformación de los lodos residuales no se requiere un consumo económico excesivo ya que su activación se realiza por medios físicos (Rojas-Morales, Guitiérrez, & Xolina, 2016) Herrera (2018).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Rojas-Morales, Guitiérrez, & Xolina, 2016) Herrera (2018).	Presenta activación física, la que presenta menos riesgos para el ser humano y el ambiente (Rojas-Morales, Guitiérrez, & Xolina, 2016) Herrera (2018).
Cáscara de Coco	Presenta una buena eficiencia de remoción en Co, Ni, aceites y grasas; coliformes termotolerantes, sólidos suspendidos y turbidez (Penedo, Manals, Vendrel, & Salas, 2013) (Espinal, 2017) Cabrera (2020).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Penedo, Manals, Vendrel, & Salas, 2013) (Espinal, 2017) Cabrera (2020).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Penedo, Manals, Vendrel, & Salas, 2013) (Espinal, 2017) Cabrera (2020).	Activación química, su mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Penedo, Manals, Vendrel, & Salas, 2013) (Espinal, 2017) Cabrera (2020).

Bambú	Presenta una buena eficiencia de remoción en hidrocarburos presentes en aguas residuales (Verajano y Casas, 2021).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Verajano y Casas, 2021).	Se realiza a partir de materia prima primaria, lo cual implica un daño ambiental por la tala del bambú (Verajano y Casas, 2021).	Presenta activación física, la que presenta menos riesgos para el ser humano y el ambiente (Verajano y Casas, 2021).
Cascarilla de arroz	Presenta una baja remoción porcentual en comparación a la del carbón activado de otras materias primas (Pereira *et al.* 2017).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Pereira *et al.* 2017).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Pereira *et al.* 2017).	Activación química, su mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Pereira *et al.* 2017).
Cáscara de Piña	Presenta una elevada eficiencia de remoción en Turbidez y colorantes (Dorregaray, 2018).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Dorregaray, 2018).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Dorregaray, 2018).	Activación química, su mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Dorregaray, 2018).
Cáscara de toronja	Presenta una remoción de MO aceptable, la remoción de este parámetro con carbón activado de lodos residuales es superior (Carbajal, 2019).	Para la transformación de los lodos residuales no se requiere un consumo económico excesivo ya que su activación se realiza por medios físicos (Carbajal, 2019).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Carbajal, 2019).	Presenta activación física, la que presenta menos riesgos para el ser humano y el ambiente (Carbajal, 2019).
Cáscara de Yuca	Presenta una buena eficiencia de remoción en Mercurio (Hg) (Albis, López, & Romero, 2017).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Albis, López, & Romero, 2017).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Albis, López, & Romero, 2017).	Activación química, el mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Albis, López, & Romero, 2017).

Tuza de Cacao	Presenta una remoción de Cd aceptable, no obstante, la remoción de este parámetro con carbón activado de endocarpio de aceituna es superior (Lara, Tejada, Villabona, Arrieta Alfonso, & Granados, 2016).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Lara, Tejada, Villabona, Arrieta Alfonso, & Granados, 2016).	La materia prima es un desecho de otra industria por lo que es ambientalmente viable (Lara, Tejada, Villabona, Arrieta Alfonso, & Granados, 2016).	Activación química, su mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Lara, Tejada, Villabona, Arrieta Alfonso, & Granados, 2016).
Pino pátula	Presenta una buena eficiencia de remoción en Turbidez (Ramírez *et al*., 2013).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso Ramírez (Ramírez *et al*., 2013).	Se realiza a partir de materia prima primaria, lo cual implica un daño ambiental por la tala del pino (Ramírez *et al*., 2013).	Activación química, su mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Ramírez *et al*., 2013).
Carbón activado comercial	Presenta una buena eficiencia de remoción en DBO_5 y DQO (Escobar, 2017).	Requiere activación química, lo cual implica realizar un proceso extra en el que incluye la utilización de insumos químicos costosos y la extensión del tiempo en el proceso (Escobar, 2017).	Se realiza a partir de materia prima primaria, lo cual implica un daño ambiental por la extracción del carbón mineral (Escobar, 2017).	Activación química, su mal manejo puede producir algún efecto negativo a las personas y al ambiente (Escobar, 2017).

Fuente: Elaboración Propia

3.5. Matriz de Pugh para la toma de decisiones

A partir de la información expresada en la Tabla 3 y 4 se pudo valorar la mejor materia prima para la elaboración de carbón activado con respecto a sus máximos beneficios y sus deficiencias. La tabla 5 muestra los criterios de selección y las materias primas evaluadas.

Tabla 5. Matriz de Pugh

Materias primas / Criterios	Lodos residuales	Cáscara de Coco	Bambú	Cascarilla de arroz	Cáscara de Piña	Cáscara de toronja	Cáscara de Yuca	Tuza de Cacao	Pino pátula	Carbón activado comercial
Eficiencia de remoción	+1	+1	+1	-1	+1	0	+1	0	+1	+1
Costo de implementación	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0
Aprovechamiento de materia prima	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1
Tipo de activación	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0
TOTAL	**+5**	**+4**	**+3**	**+1**	**+3**	**+2**	**+4**	**+1**	**+2**	**0**

Fuente: Elaboración Propia

Se dieron números positivos (+1) para eficiencias de remoción superiores al 98% y valores cero para 80 - 97%. En los costos de implementación se establece un valor positivo para aquellos cuya activación fue física y el costo de materia prima fue bajo o nulo, mientras que se crea un valor de 0 para aquellos cuya activación involucró gastos de materia prima o de fabricación y valores de -1 para el proceso que implicaba costos de materia prima y fue producido químicamente. Se asignaron números positivos (+1) a las materias primas de desecho, 0 a las que pueden ser aprovechadas en otras industrias y valores negativos a las materias primas principales.

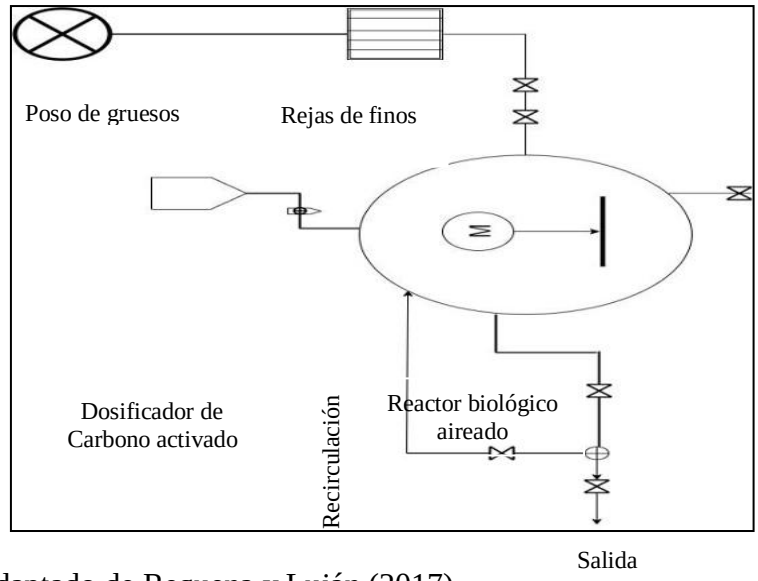
3.6. Propuesta de procesos unitarios con carbón activado para el tratamiento de aguas residuales

Después de la evaluación por medio de la matriz de Pugh de las diferentes materias primas para elaborar carbón activado, se pudo identificar que el carbón activado a partir de lodos residuales y de la cáscara de coco son la mejor opción para la implementación en los procesos de aguas residuales, debido a que tienen una alta eficiencia de remoción, ambos presentan un bajo costo de implementación, tienen bajo o nulo consumo energético y además aprovechan los desechos de otras actividades como materia prima para su fabricación. A partir de estos resultados se puede concretar que en el cantón Archidona se puede implementar el uso del carbón activado elaborado a base de lodos residuales y cáscara de coco para el tratamiento de aguas residuales.

Ante esto se puede elaborar un sistema combinado de dosificadores de carbón activado y un reactor biológico secuencial para la depuración de aguas residuales en la parroquia Archidona, teniendo en cuenta que el cálculo de los criterios de diseño de los procesos unitarios será establecido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992): Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas resiaduales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Las operaciones consideradas fueron: Pozo de gruesos, rejas de desbaste, reactor biológico aireado, sistema de recirculación al reactor biológico, dosificador de carbón activado (según el caudal) y un sistema de tuberías de salida del proceso. El diagrama del proceso se muestra en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo del sistema de operaciones unitarias propuesto.



Fuente: Adaptado de Requena y Luján (2017).

4. CONCLUSIONES

En base al análisis de los criterios determinados en la matriz de Pugh, se estableció que la mejor materia prima para la elaboración del carbón activado fueron los lodos residuales generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, esta materia prima obtuvo un valor de ponderación de cinco.

Se identificó por medio de la revisión bibliográfica que el carbón activado fabricado a partir de cáscaras de coco presenta una menor eficiencia de remoción 81.89% en turbidez, con respecto al carbón activado de lodos residuales que obtiene 89% en el mismo parámetro, sin embargo, los parámetros de calidad del agua que se le pueden atribuir son más, entre los cuales se pueden mencionar: metales pesados, aceites y grasas, coliformes termotolerante, sólidos suspendidos y turbidez.

Se pudo identificar que el carbón activado se puede aprovechar en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, creando un sistema combinado de dosificadores de carbón activado con un reactor biológico aireado para la remoción de la turbidez, metales pesados y la disminución del DBO_5, DQO y la materia orgánica.

5. REFERENCIAS

Albis, A., López, A., & Romero, M. (2017). Remoción de azul de metileno de soluciones acuosas utilizando cáscara de yuca (Manihot esculenta) modificada con ácido fosfórico. Revista Prospectiva, 15(2), 60-73.

Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. (2020). Revista chilena de ingeniería, 28(2), 315-322.

Badia, M., & Huici, S. (2019). Agua, recurso limitado. Entre el desarrollo sostenible y la seguridad internaciona. Revista Española de Derecho internacional, 71(1), 257-259.

Carbajal, J. (2019). Trabajo de grado. Influencia del filtro de carbón vegetal a partir de la cáscara detoronja para reducir carga orgánica en las aguas residuales proveniente del mercado Huamantanga, 2019 ,. Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/87439

Carriazo, J., Saavedra, M., & Molina, M. (2010). Propiedades adsortivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. Educación Química, 21(3), 224-229. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300007

Cóndor, J., & Maza, D. (2020). Tesisi de grado. Remoción de plomo para mejorar el agua de Mórrope utilizando carbón activado del endocarpio de aceituna y cáscara de coco. Universidad César Vallejo, Chiclayo.

Cubillos, C. (2019). Trabajo de grado. Evaluación de la obtención de carbón activado utilizando bambú de la especie Chusquea Scandens Kunth por activación física. Fundación Universidad de América.

https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7612/1/6131062-2019-2-IQ.pdf

Dorregaray, H. (2018). Tesis de pregrado. Aplicación de adsorbentes de carbón preparados desde las cascaras de la fruta piña (Ananas comosus) para remover metales pesados (Cd2+, Pb2+) desde soluciones acuosas. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/ UNCP. Obtenido de handle/UNCP/4933/Dorregaray%20De%2 0La%20Cruz%20.pdf?sequence=1

Espinal, G. (2017). Tesis de grado. Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el AA. HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima. Universidad César Vallejo, Lima.

Janqui, G. (2018). Tesis de pregrado. Remocion de molibdeno del agua del río challhuahuacho de cotabambas-apurimac con carbon activado de tusa de maiz (zea mays). Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8532/Gustavo_Janqui_Guzman.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lara, J., Tejada, C., Villabona, Á., Arrieta Alfonso, & Granados, C. (2016). Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. Revista Ion, 113-124. doi:http://dx.doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009

Moreno, A., Ríos, J., & Flores, S. (2021). Carbón activado: generalidades y aplicaciones. Ciencia Activa(66), 88-104.

Muñoz, G. (2010). Desarrollo de carbones activados magnéticos para la recuperación de oro en soluciones de cianuro. Avances, 4, 18-24.

Ortíz, J., & Puerto , N. (2019). Trabajo de grado. Uso del carbón activado de guadua para el tratamiento de aguas residuales: Revisión y Vigilancia Tecnológica. Universidad Católica de Colombia.

Penedo, M., Manals, E., Vendrel, F., & Salas, D. (2013). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco. Tecnología Química, 110-124.

Pereira, F., Cedeño, L., Romerosa, A., & Matamoros Miguel. (2017). Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. Ciencia y Tecnología, 1(1), 767-777. https://doi.org/http://investigación.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach

Pugh, S. (1990). La Matriz de Pugh para la toma de decisiones. Obtenido de Calidad Total : http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html#:~:text=Luego%20se%20deben%20especificar%20los,mejora%20a%20un%20producto%20existente.

Requena, M., & Luján, M. (2017). Diseño de un sistema combinado de Carbón Activo y Reactor Biológico Secuencial para la eliminación de compuestos farmacéuticos

presentes en aguas residuales urbanas. Valencia.

Rojas-Morales, J., Guitiérrez, E., & Xolina, G. (2016). Obtaining and Characterization of Activated Carbon Obtained Sludge Treatment Plant Wastewater from a Poultry Industry. Ingeniería, investigación y tecnología, 17(4), 453-462. doi:10.1016/J.RIIT.2016.11.005

Ruiz, A. (2018). Trabajo de grado. Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (citrus sinensis L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (II) en dilución acuosa. Universidad Nacional Agraria La Molina. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4043/ruiz-menendez-amparo-patricia.pdf?sequence=1

Smisek , M., & Cerny, S. (1970). Carbón Activo, Fabricación, Propiedades y Aplicaciones. Von M. Smišek y S. Cerný . Elsevier Publishing Comp., Ámsterdam–Londres–Nueva York 1970. 1. Aufl., VII, 479 S., ca. 97 marcos alemanes,—. Wiley Online Library, 83(8), 299-299. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ange.19710830820

Tejada, C., & Villabona, Á. (2015). Adsorción de metales pesados en. Tegnológicas, 4(34), 109-123.

Tejada, C., Villabona, Á., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. TecnoLógicas, 18(34), 109-123.

Torres, J., López, G., Corral, A., Carrasco, K., & Delgado , M. (2020). Preparación de carbón activado a partir de residuos de Zea mays para eliminar tartrazina. Cultura Científica y Tecnológica, 17(1), 1-10. https://doi.org/DOI: 10.20983/culcyt.2020.1.2.1

Valverde, J. (2020). Removal of Copperand Cadmiumin Wastewater Applying Activated Carbon: A Review of Articles. Journal of Energy & Environmental Sciences, 4(4), 1-4. doi:https://doi.org/10.32829/eesj.v4i1.196

Vargas, A., Calderón Jimmy, & Velásquez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 28(2), 315-322.

Verajano, N., & Casas, I. (2021). Trabajo de grado. Evaluación de la viabilidad de un tratamiento de aguas por carbón activado obtenido del bambí de la especie Chusquea Scandens Kunth. Fundación Universidad de América. https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8664/1/6161821-2021-2-IQ.pdf

Yee-Batista, C. (2013). Banco Mundial. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados

ANEXOS

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Carbón Activado

Como adsorbente carbonoso, tiene una gran superficie interna, una amplia gama de grupos funcionales y una distribución uniforme de los poros, todo lo cual contribuye a su capacidad para adsorber una amplia gama de moléculas (Filippín et al., 2017).

6.1.1. Formas del carbón activado

El carbón activado puede clasificarse por el tamaño de sus partículas:

a. Carbón Activado en Polvo (CAP): presentan tamaños menores de 100micro micras siendo los más comerciales los tamaños de 15 y 15 micro micras (García & Vivar, 2021).

b. Carbón Activado Granular (CAG): presentan un tamaño medio de partículas que oscila entre 1mm y 5 mm; los CAG pueden presentarse troceados (sin forma) o conformados (con forma) (García & Vivar, 2021).

6.1.2. Uso del carbón activado

Según Ortíz & Puerto (2019) el carbón activado es una forma moderna de carbón que se ha utilizado como adsorbente desde la antigüedad. Se ha empleado en la erradicación de olores y aromas, y en la depuración de aguas. Para eliminar y recuperar químicos orgánicos como colorantes, solventes o agua venenosa. También se ha empleado en la remoción de cloro y ozono del agua potable causado por geominas, antracinas, simazinas y dioxinas, así como en la purificación de aire y gases en la industria química y farmacéutica, y en la decoloración de vinos, jugos y vinagres.

6.1.3. Proceso de activación del carbón

El carbón vegetal se somete a un proceso de activación, un cambio de materia

orgánica que produce carbón activado, que tiene una alta capacidad para una variedad de funciones que implican la adsorción, como la filtración de gases y líquidos, la decoloración del vino y la eliminación de olores. Para que ocurra la carbonización, el material de origen debe sufrir una degradación fisicoquímica a través del calor y sin la presencia de un solvente oxidante (Ortíz & Puerto , 2019).

6.1.4. Activación por el método físico

El material carbonizado, también conocido como material primario, es el punto de partida para el proceso de activación física. Este material primero debe ser molido y descrito para lograr tamaños de partículas consistentes antes de ser activado. A menudo se utilizan vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono, así como cloro, azufre, amonio y otros gases con fuertes efectos de activación (Smisek & Cerny, 1970).

6.1.5. Activación por el método químico

La impregnación con compuestos deshidratantes como cloruro de zinc, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, ácido bórico, ácido nítrico, sulfuro de potasio, sulfatos de magnesio y sodio, etc., constituye los procesos de activación química. El carbón con capacidad de adsorción se crea a partir de la materia prima. El procedimiento de activación química se puede aplicar directamente a la materia prima (Verajano & Casas, 2021).

6.1.6. Diferencias entre adsorción y absorción

La adsorción se define como el proceso por el cual una sustancia se une a una superficie; aquí, la sustancia se une al sitio activo dentro de la molécula de carbohidrato. La absorción ocurre cuando una sustancia pasa a otra fase de la materia. El término "absorción" se utiliza para describir el proceso por el cual un gas se convierte en líquido (Valverde, 2020).

6.1.6.1. Tipos de adsorción

La adsorción puede ocurrir de tres formas diferentes: física, química o por intercambio.

a. Adsorción física

En este escenario, la molécula adsorbida puede moverse libremente por la superficie del sólido adsorbente sin estar unida a ningún punto en particular; también es posible que las moléculas se condensen y creen muchas capas superpuestas (hasta 23 capas) en la superficie del sólido (Tejada & Villabona, 2015).

b. La adsorción química

Es el resultado de fuerzas mucho más intensas, como las que provocan la formación de compuestos químicos; el compuesto adsorbido recubre la superficie del adsorbente en una capa mono molecular, evitando que las moléculas se muevan libremente de un lugar a otro; y una vez que la superficie del adsorbente está completamente cubierta por el material adsorbido, su capacidad está prácticamente agotada. La adsorción en química suele ser irreversible; para deshacerse de una sustancia adsorbida, se requiere calentar el adsorbente (Tejada & Villabona, 2015).

6.1.7. Porcentaje de remoción

La remoción de contaminantes es el proceso de tratamiento por el que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de contaminante, para poder lograr esto el recurso hídrico debe pasar por varias etapas para que pueda volver a ser utilizado (Caviedes et al., 2015).

6.1.8. Agua residual

Son los líquidos de composición variada provenientes de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original (Reforma de Texto Unificado Legislación Secundaria, 2015).

6.1.9. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas resultan de los muchos usos domésticos líquidos y, como resultado, contienen contaminantes tales como sedimentos, desechos orgánicos,

detergentes, jabones y grasas que deben tratarse para poder descargarse de manera segura (Gandarillas R. et al., 2017).

6.1.10. Características físicas de las aguas residuales

Las características físicas más importantes en el agua residual son el contenido de sólidos término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta, olor, la temperatura, la densidad, el color, la turbiedad (Pérez et al., 2022). Pueden ser:

Los sólidos suspendidos que aparecen, las partículas coloides y las sustancias disueltas proporcionan color. La infiltración, las contribuciones de conexiones errantes, las descargas industriales y la descomposición de compuestos orgánicos son fuentes potenciales de color.

La turbidez ocurre cuando los sólidos en un líquido hacen que parezca turbio, lo cual es desagradable e incluso dañino. La presencia de muchos microorganismos, sedimentos, derrames de aguas residuales o sólidos disueltos pueden contribuir a la turbidez.

Los olores suelen ser causados por la liberación de gases durante la descomposición de la materia orgánica en las aguas residuales. El agua que se usa para beber debe ser clara; sin embargo, las aguas superficiales pueden estar teñidas por iones de metales naturales como el hierro y el manganeso, así como por materia orgánica y contaminantes de hogares y fábricas como las que se usan en las industrias del papel, textiles y pulpa.

La densidad es una característica físicamente significativa del agua sobrante porque afecta la posibilidad de formación de corriente de abanico.

6.1.11. Características químicas de las aguas residuales

Las características químicas de las aguas residuales se caracterizan por la presencia de materia orgánica, la materia inorgánica y los gases presentes en el agua residual (Correia

& Marcano, 2015).

6.1.12. Características biológicas de las aguas residuales

Las características biológicas nos permiten identificar a través de los principales grupos de microorganismo los principales impactos sobre los cuerpos receptores además que determinan la mejor aplicabilidad de tratamientos biológicos sustentables (Correia & Marcano, 2015).

Microorganismos Una de las características más notables de las aguas residuales es la alta concentración de microorganismos que contribuyen a su biodegradabilidad. La mayoría de estos microorganismos, incluidos los microorganismos fecales de los desechos humanos, los microorganismos del suelo arrastrados en las operaciones de riego, la lluvia y la escorrentía callejera, los subproductos industriales, etc., se originan a partir de la manipulación humana de esta agua sobrante. ser capaz de localizar otros tipos de criaturas, incluidos los artrópodos (Tejada & Villabona, 2015)

Bacterias: tanto en la naturaleza como en las instalaciones de tratamiento hechas por el hombre, son vitales para la descomposición de los materiales orgánicos. Por lo tanto, es crucial comprender su composición, funciones, metabolismo y procedimiento de síntesis (Valverde, 2020).

6.1.13 Matriz de Pugh

Consiste en establecer ponderaciones, para la selección de alternativas mediante su relación con los criterios definidos dándole valores según lo que el autor considera adecuado. El proceso comienza con la selección de los criterios de comparación. Se elige un concepto como referencia y se dan puntuaciones de 0 para cada criterio. Los demás conceptos se comparan como mejor, +, o peor, −. Las columnas conceptuales se suman para proporcionar una puntuación relativa para cada concepto. (Pugh, 1990).