

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Eficiencia del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en el agua de riego Terrazas-Carapongo

Por:

Jhumeyne Estefanía De la Cruz Flores

Sandra Gutierrez Arapa

Asesor:

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

Lima, julio del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Mag. Joel Hugo Fernández Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Eficiencia del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en el agua de riego Terrazas Carapongo”** constituye la memoria que presenta los estudiantes Sandra Gutierrez Arapa y Jhumeyne De La Cruz Flores para aspirar al grado académico de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 20 días de agosto del año 2020.



Mag. Joel Hugo Fernández Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Naña, Villa Unión, a 30 día(s) del mes de julio del año 2020 siendo las 15:10 .. horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

..... PhD. Leonor Segunda Bustinza Cabala el(la) secretario(a):

..... Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio y los demás miembros:

..... Ing. Nancy Cursi Rafael, Mg. Ronald Hugo Rosales Meza

..... y el(la) asesor(a) Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas

..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Eficiencia del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta
de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en el agua de riego Terrazas-Carapongo.....

.....

.....

..... de los (las) egresados (as): a) Sandra Gutierrez Arapa.....

..... b) Jhumejne Estefania De La Cruz Flores.....

..... conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

..... Ingeniería Ambiental.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las ... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Sandra Gutierrez Arapa.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

Candidato/a (b): Jhumejne Estefania De La Cruz Flores.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a las ... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

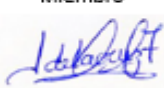
Asesor/a

Miembro

Miembro



Candidato/a (a)



Candidato/a (b)

Eficiencia del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en el agua de riego Terrazas Carapongo.

Efficiency of the sand filter using carbon nanoparticles of corn crown for the removal of thermotolerant coliforms in the Terrazas Carapongo irrigation water.

De La Cruz Flores Jhumeyne Estefania^a, Gutierrez Arapa Sandra^b

Universidad Peruana Unión (UPeU) Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Carretera Central Km.19.5 Ñaña-Chosica.

Resumen

El artículo presenta una evaluación de estudios acerca de la utilización del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de Coliformes Termotolerantes en el agua de riego. En el Perú el riego es un factor determinante que contribuye al incremento de la inocuidad de alimentos y la producción agrícola. Sin embargo, estos alimentos están expuestos a contaminación química y biológica como Coliformes Termotolerantes. Para la eliminación de estos microorganismos, algunos investigadores utilizaron el filtro de arena a base de mazorca de maíz que se considera como residuo de biomasa lignocelulósica que se convierte en carbón activado. Según los estudios demuestran que el carbón activo de mazorca de maíz ayuda a mejorar su capacidad de adsorción y en consecuencia logra un porcentaje mayor de remoción de microorganismos patógenos. Asimismo, los filtros lentos son tecnología sencilla y económica que ayudan a potabilizar el agua siendo eficiente por su diseño.

Palabras Clave: Carbón Activado, Coliformes Termotolerantes, Filtro lento, Mazorca de maíz y Remoción.

Abstract

The article presents an evaluation of studies on the use of the sand filter using carbon nanoparticles of corn crown for the removal of Thermotolerant Coliforms in irrigation water. In Peru, irrigation is a determining factor that contributes to increasing food safety and agricultural production. However, these foods are exposed to chemical and biological contamination as Thermotolerant Coliforms. For the elimination of these microorganisms, some researchers used the corn cob-based sand filter that is considered as a residue of lignocellulosic biomass that is converted into activated carbon. In conclusion, studies show that corncob activated carbon helps improve its adsorption capacity and consequently achieves a higher percentage of removal of pathogenic microorganisms. Also, slow filters are simple and economical technology that help make water drinkable, being efficient by design.

Key Words: Removal; Thermotolerant coliforms; Corn; Activated carbon; Slow filter.

1. Introducción

En América Latina, el Perú forma parte de uno de los países que cuenta con mayor área para riego después de Brasil, Chile y Argentina. Aproximadamente, el 80% de la extracción de agua en el Perú se utiliza para el riego; sin embargo, la mayor parte del agua (65%) se pierde debido a las deficientes condiciones de los sistemas de riego y la deficiente gestión y administración (SNIP, 2010).

Actualmente existen severos problemas de escasez y contaminación del agua debido al mal uso juntamente con el crecimiento de la población, a nivel mundial han hecho que disminuya la calidad de las fuentes de agua. (Acosta et al., 2014) como las aguas de los ríos que son utilizados como fuente de abastecimiento para el riego de vegetales que se han convertido en una práctica más común, especialmente en las zonas áridas y semiáridas de los países desarrollados y en desarrollo (Álvarez et al., 2012).

La agricultura de hoy en día se da por bajo riego, así aplicándose un 20% para las cosechas y el alimento producido es el doble de lo que se aplica. También, es responsable del uso del 70% de agua en el mundo, ya que la producción mundial de alimentos está aumentando por la demanda que se requiere (Fernández et al., 2009). También en el Perú, el riego ha sido un factor determinante que contribuye en el incremento de la inocuidad de alimentos y el crecimiento agrícola.

La producción agrícola y el agua siempre han estado incondicionalmente relacionadas al ser una fuente natural renovable. Lo cual forma parte de los recursos naturales más valiosos e importantes siendo un elemento indispensable para el desarrollo humano y las actividades antropogénicas; es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras.

Sin embargo estos alimentos que se producen en mayor cantidad están expuestos a contaminación de tipo biológico y químico, esto es afectado por el riego de agua contaminado (Jacinto et al., 2009). Estas aguas de los ríos son contaminadas por residuos mineros, industriales, así como residuos sólidos y líquidos domésticos (Escobar, 2002). En los que se encuentra microorganismos en el agua, alimentos, situación que genera un riesgo para la salud humana. (Survey, 2016) y estos no cumplen con el Decreto Supremo N° 004-20017 (MINAN, 2017), los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua lo cual se encarga de determinar el grado de contaminación en el agua y de esta manera verificar si representen un riesgo en la salud de personas y el medio ambiente.

(FAO, 2019) La FAO estima que 600 millones (aproximadamente una de cada 10 personas en el mundo) se enferman después de comer alimentos contaminados y 420 000 personas mueren al año y las enfermedades transmitidas por los alimentos generalmente son de naturaleza infecciosa o tóxica.

En la actualidad existen métodos y mecanismos para el tratamiento de agua para riego que son muy costosas para la eliminación de tipos de enterobacterias como Coliformes Termotolerantes, motivo por el cual se requiere utilizar un método eficiente y fácil en su manejo como el tratamiento de aguas mediante el filtro de arena. Estos filtros son habitualmente depósitos que contienen capas filtrantes de grava, piedra chispa y arena. Siendo que funcionan de esta manera que el agua bruta fluye hacia abajo, la turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena formándose así una capa biológica, en la superficie del filtro, que pueden eliminar eficazmente enterobacterias, sustancias orgánicas, incluidos algunos plaguicidas (Sanchez et al., 2009).

En la cual se le introducirá la mazorca de maíz que es una fibra orgánica cruda con un apreciable porcentaje de lignina y 2 carbohidratos más: como la pectina y hemicelulosa, el cual la lignina es sólida y a la vez está vinculado a la celulosa y la hemicelulosa, y por ser considerado como desecho

se convierte en el presente trabajo como material alternativo para ser aplicado en procesos de adsorción (Gustavo, 2018).

Uno de los motivos para usar este material es que son absorbentes y provenientes de fuentes naturales que presentan un bajo costo en comparación con los adsorbentes sintéticos, que generalmente no son tóxicos en las cuales presentan una tasa de adsorción alta (Figuroa, 2007). El objetivo del presente artículo es presentar una evaluación de revisión de estudios acerca de la utilización del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de Coliformes Termotolerantes en el agua de riego.

2. Desarrollo o Revisión.

El agua es uno de los componentes más abundantes en la naturaleza que está cubierto aproximadamente de la tercera cuarta parte de la superficie de la tierra siendo un recurso indispensable para la humanidad (Zegarra, 2017). Según FAO menciona que la alimentación es un factor para la sobrevivencia y esto se da por medio de la agricultura siendo un usuario principal para los agricultores (Celi, 1993). En esta labor el agua cumple una función muy importante por medio del riego de los cultivos, lo cual el ECA (Estándares de Calidad Ambiental de agua) indica que estas aguas deben cumplir con ciertos estándares y que muchas de ellas no cumple y afectan la salubridad de los alimentos. Siendo así el Río Rímac una fuente que ayuda a desarrollarse a los productores en la agricultura, también puede ayudar a la diseminación de los microorganismos en el producto que está en proceso de cosecha o producción.

Las contaminaciones de las aguas se deben a la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar y cuenca) además es el resultado de un amplio grupo que está a cargo de las actividades humanas. Se le considera agua contaminada al exceso contenido de materia o energía que provoca de alguna u otra manera daños a la salud humana, plantas, animales y bienes, las cuales perturban de una manera negativa a las actividades que se van desarrollando fuera o dentro del agua, causando daños o muertes a la flora y fauna (Pérez, 1997).

Por ello existen diferentes procesos convencionales para el tratamiento de agua contaminada para riego, incluyendo: cribado, aireación, coagulación-floculación, sedimentación, filtración, desinfección, entre otros; los cuales son seleccionados mediante un estudio de ingeniería que tiene en cuenta la calidad de agua de la fuente y las operaciones de tratamiento más adecuadas y económicas para el diseño de estos sistemas, dependiendo claramente de la calidad de agua cruda que se tenga (Lugo, 2017). Como filtros lentos con carbón activado de mazorca de maíz.

2.1 Filtros

Los filtros constituyen una de los tipos que deben formar parte del sistema de filtración, mayormente cuando se encuentra la presencia de materia orgánica en suspensión. Los filtros son de lechos y/o camas de un material granular, drenados o escurridos por debajo para que así las aguas pre-tratadas puedan ser tratadas, recogidas y distribuidas (Cerro et al., 2016)

2.2 Filtro lento de arena

La filtración lenta juega un papel muy importante para mejorar la calidad del agua en zonas rurales y zonas urbanas marginadas, también tiene una función muy interesante que es reducir el número de virus, bacterias, protozoarios y huevos de nematodos. (Avaellanera, 2016). Asimismo este filtro en el proceso de potabilización, su efectividad es mayor para los niveles de turbiedad y en la eliminación de bacterias hasta el 100% .(Rodríguez et al., 2018)

Este filtro consiste en colocar en el fondo del tanque de almacenamiento una capa de grava y arena que esta permita que actúe como filtro lento; las capas filtrantes de grava, piedra chispa y arena disminuyen su grosor con un diferente diametro.

La primera capa será de grava de 2 a 3 cm con un espesor de 20 cm; la segunda capa es de grava de 0.5 cm con un espesor de 10 cm y la tercera corresponde a la arena con un espesor 30 cm y un coeficiente de permeabilidad que va de 10^{-2} – 10^{-5} m/s. Se introduce el agua por los drenes y se deja que ascienda a través del lecho filtrante y se debe recolectar en la parte superior. (Rodríguez Santos et al., 2018)

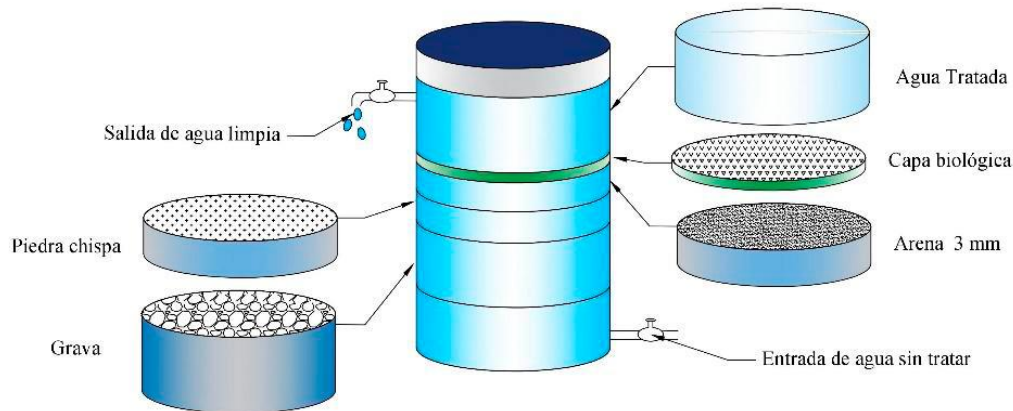


Figura 1. Estructura de un filtro lento de arena

2.3 Filtro del carbón activado

Los filtros del carbón activado es un material de forma natural, a pesar de que tenga millones de agujeros microscópicas, captura y rompe moléculas de contaminantes que se encuentran. (Roncancio, 2010). Las propiedades de este filtro con carbón activado hacen que las materias orgánicas, olores y sabores, que se encuentran en el agua. Sean absorbidos mediante la superficie de la filtración, de forma que va eliminando los líquidos a tratar.

El carbón activado sirve como una capa biológica en este filtro que ayuda en el proceso del tratamiento biológico y físico del caudal que ingresa. El influente escurre a través de una cama de material poroso orgánico (turba, paja, pasto, madera, etc.) de forma lenta, lo cual permite la colonización de la cama por microorganismos adaptados a los contaminantes presentes en el agua, así como la retención física de los mismos; los microorganismos forman una biopelícula que se transforma en el principal instrumento de depuración (Roncancio, 2010)

Tabla 1.
Ventajas y Desventajas del filtro lento

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • La ventaja del filtro es que permite su utilización por parte de los pobladores de las zonas rurales y urbanas. • Su construcción operación y mantenimiento de estos filtros son sencillos y económicos. • Genera cambios organolépticos en la calidad del agua para consumo y riego. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las aguas se pueden infiltrar mediante los limos o arcillas. • Los filtros no pueden estar ubicados cerca de un edificio. • Los filtros lentos no pueden estar en funcionamiento si hay cerca una obra.

Fuente. Adaptada de (Parra & Perdomo, 2014) y elaboración propia.

2.4 Formación de carbón activado

Los carbones activados son materiales más usados a nivel industrial en trabajos de adsorción de gases, filtrados, limpieza de líquido estos materiales son sólidos obtenidos a partir del tratamiento químico o físico de materiales lignocelulósicos debido a su bajo costo y a la abundancia de este tipo de materiales que existe en la naturaleza como cascara de frutas, mazorcas, carbón, etc. Tiene algunas características como área superficial, porosidad y grupos funcionales, lo cual dependen del material precursor y del método de activación empleado Estos materiales poseen en común un alto contenido de carbono característica que lo hace viables para la obtención de carbón activado (Colpas et al., 2015).

Una de las características del carbón activo es la porosidad tiene distintos tipos de poros para las propiedades que se presentan en el proceso de adsorción llegan a ser dependientes de su geometría y de las características de moléculas que son adsorbidas (López, 2004) La IUPAC establece una calificación del tamaño de los poros, señalando los siguientes grupos:

Tabla 2.

Clasificación del tamaño de los poros del carbón activado de acuerdo a la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada)

Clasificación del tamaño de poros	
Microporoso	< 2 nm
Mesoporoso	2 > 50 nm
Macroporoso	> 50 nm

Fuente. Adaptada de la (Universidad Sevilla, 2011).

En el caso de los tipos de poros los mesoporos y macroporos constituyen la superficie externa del material que son responsables de menos del 10% de la superficie específica siendo que es muy importante en los procesos de adsorción y los microporos constituyen un 90% restante de la superficie específica. (Martínez, 2012).

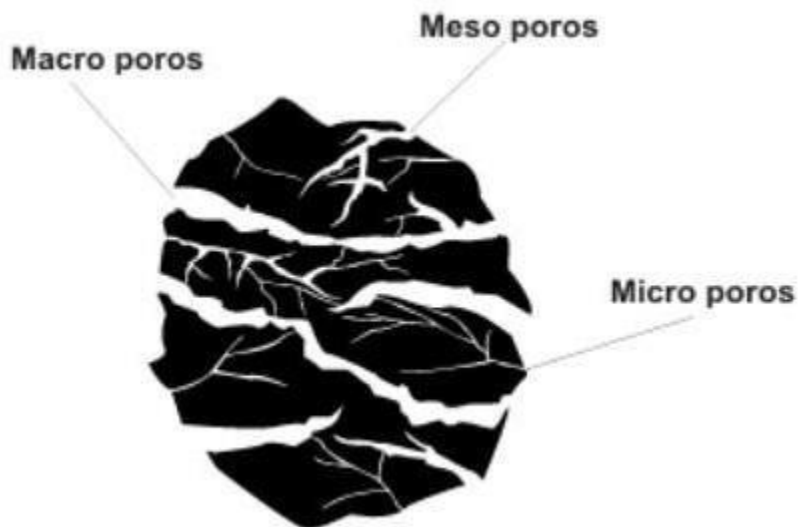


Figura 2. Tipos de poros identificados en el carbón activado.

2.5 Mazorca del maíz

La mazorca de maíz es un subproducto del maíz. Un desecho industrial producido a gran escala durante el desgranado que sufre el maíz cuando es procesado. Además, se le dan diversos usos domésticos, artesanal, alimento para algunos animales y parte de ellas son para desecho. La mazorca seca es muy abundante en diferentes regiones del país.(Coronel et al., 2009).

Uno de los motivos para usar este material es que son absorbentes y provenientes de fuentes naturales que presentan un costo bajo en comparación con los de adsorbentes sintéticos, que generalmente no son tóxicos en las cuales presentan una tasa de adsorción alta (Figuroa, 2007).

2.5.1 El Carbón activo de la mazorca de maíz

La mazorca de maíz es una fibra orgánica cruda con un apreciable porcentaje de lignina y 2 carbohidratos más: como la pectina y hemicelulosa, el cual la lignina es sólida y a la vez está vinculado a la celulosa y la hemicelulosa, y por ser considerado como desecho se convierte en el presente trabajo como material alternativo para ser aplicado en procesos de adsorción (Gustavo, 2018).

La tuza de maíz es un precursor adecuado para obtener carbones activados, ya que cumple con los requisitos de tener un alto contenido de carbono y de materia volátil, alta densidad de empaquetamiento y bajo contenido de cenizas.(Fonseca & Giraldo, 2015)

2.6 Fundamento de Adsorción

La adsorción es un proceso de transferencia de masa en el cual una o más sustancias(adsorbatos) presentes en un fluido ,ya sea liquido o gaseoso ,se acumulan en una fase solida (adsorbente) y son removidas del fluido (Rodríguez et al., 2017).

2.7 Cinética de adsorción

La cinética de adsorción es el principal mecanismo para poder realizar el desarrollo de un sistema continuo, que a través de ella, se puede calcular la velocidad de adsorción del soluto y determinar el tiempo de residencia que se requiere para poder completar la reacción de la adsorción (Rodríguez et al., 2017).

La cinética de adsorción puede ser descrita por el mecanismo de pasos consecutivos entre ellos son:

- La transferencia de masa externa de solutos, del seno de la solución a través de la película que rodea a las partículas del adsorbente, conocida como la capa límite.
- La difusión del soluto a través del líquido contenido en los poros y/o a través de las paredes del poro, llamada difusión interna o intraparticular
- La adsorción- desorción entre el soluto y los sitios activos del adsorbente

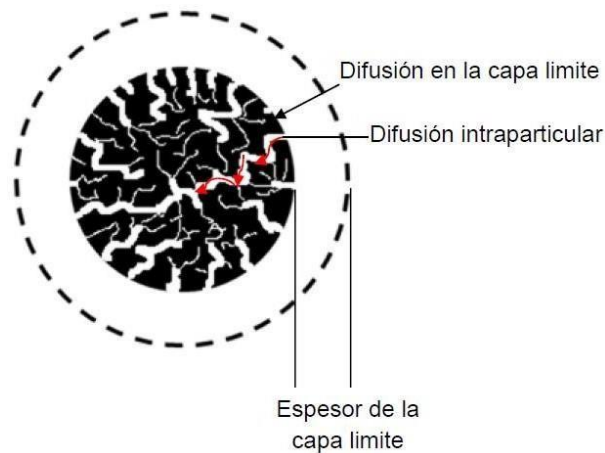


Figura 3. Representación esquemática de la transferencia de masa en los poros de material absorbente.

El carbón activado se produce básicamente en dos etapas 1) la carbonización del material precursor y 2) la activación del producto carbonizado. Esta activación puede ser físico o química:

La activación física consiste en la carbonización del precursor seguida por la activación del carbonizado a altas temperaturas en la presencia de gases oxidantes como dióxido de carbono, vapor de agua y oxígeno. Estas temperaturas se encuentran entre 400-850°C y las temperaturas de activación entre 600-900°C.

La activación química, solo involucra un paso, ya que se usan sustancias químicas como ZnCl₂, H₃PO₄, KOH o K₂CO₃, estos modifican el proceso de carbonización y la biomasa se impregna con dichas sustancias. Posteriormente es carbonizada a temperaturas entre 400°C y 900°C. Este método genera un mayor grado de porosidad en comparación con el métodos físico (Sánchez et al., 2012).

También existe ventajas y desventajas según el método a realizar la activación

2.8 Ventajas y desventajas de activación física y química.

Tabla 3.
Ventajas y desventajas de activación física y química del carbón activado

Carbón	ACTIVACIÓN FÍSICA	ACTIVACIÓN QUÍMICA
Ventajas	Tiene bajos costos de operación de planta No utiliza reactivos químicos, por consiguiente tiene un impacto ambiental menor	La temperatura de tratamiento es relativamente baja, menor a 700 °C El carbón activado se obtiene en una sola etapa de conversión Gran parte del agente activante se puede recuperar Tiene bajo costo energético
Desventajas	La temperatura media de activación es elevada, mayor 900 °C Requiere de doble etapa para convertir materia prima (madera) en carbón activado Tiene costo energético elevado	Tiene mayor costo de operación durante la activación Utiliza reactivos químicos que pueden ser contaminantes o corrosivos

Fuente. Adaptado por (Guadua et al., 2018) y elaboración propia.

2.9 Microscopia de barrido electrónico

La microscopía de barrido electrónica proporciona información sobre la morfología de los sólidos, siendo fundamental para comprender el desempeño de los materiales con diferentes aplicaciones. La morfología variada de estos carbones preparados a partir de diferentes materiales vegetales de desechos su tamaño de la partícula es variable y en general oscila entre 20 y 500 μm (Ensuncho et al., 2015). Es importante porque ayuda a conocer el tamaño de los poros que radica en la capacidad de adsorción que tendrá también el proceso.

En la figura 4 .se observa las micrográficas electrónicas de forma detallada las estructuras porosas de las muestras de carbón activado derivado de coronta de maíz duro amarillo (Cruz et al., 2016).

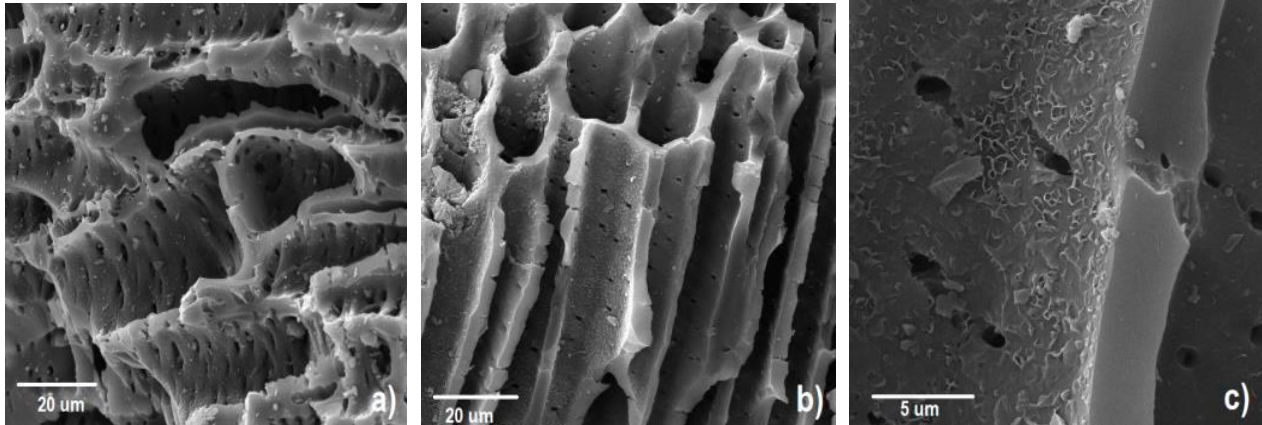


Figura 4. Micrografía de microscopia electrónica con campo de emisión del carbón activado sin impregnar a) e impregnado con quitosano b) y c).

2.10 Norma para agua de riego agrícola

Esta norma tiene como objetivo conservar la calidad del agua continental y superficial de manera que puedan ser aptas para el riego de vegetales cultivadas, para la bebida de animales domésticos, los beneficios sociales, económicos, medioambientales y culturales.

Asimismo, el D.S 004-2017 menciona que los estándares de calidad ambiental en la Categoría 3 para el riego de vegetales y bebida de los animales, en los parámetros microbiológicos y parasitológicos serán evaluados los coliformes termotolerantes NMP/100 ml como como límite máximo es 2000 NMP/100ml y esto ayudara a garantizar no solo los alimentos de calidad para la población sino también para la conservación de recursos hídricos en las áreas de producción agrícola (MINAN, 2017).

3. Análisis de estudios realizados

En la actualidad se han realizado estudios acerca de la evaluación de filtros lentos con carbón activado de diferentes residuos de biomasa lignocelulosica. Según (Rodríguez et al., 2018). Realizaron el diseño de un filtro lento ascendente con carbón activo de Moringa oleífera para la potabilización a bajo costo de aguas de distintas fuentes superficiales sin emplear sustancias químicas. Por ello diseñaron un filtro ecológico (lento ascendente) que actúa sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial. Este filtro está constituido por 3 capas, las cuales son grava, gravilla y arena. Siendo que en el filtro se añadió carbón activo de la semilla de la Moringa oleífera lo cual se considera una alternativa eco amigable con el ambiente y el ser humano, debido a que presenta eficiencias con un 100% de remoción de coliformes y un 90% en la eliminación de la turbidez. Teniendo en cuenta que al implementar este filtro es económico.

El primer artículo revisado del diseño del filtro lento de arena con carbón activo de moringa oleífera es eficaz para la clarificación de agua para consumo lo cual se puede utilizar para riego ya que muchos agricultores utilizan el agua de río para regar sus cultivos y estas están contaminadas lo cual causa un efecto negativo en la salud de las personas que lo consumen. Por ello es efectivo la implementación del filtro con los diferentes residuos de biomasa lignocelulósicas que tienen una capacidad de adsorción de bacterias, contaminantes y más aun con el filtro una alternativa ecológica muy económica y de fácil implementación en los hogares de cada agricultor.

En el segundo estudio analizado evaluaron la eficiencia de un filtro a base de carbón activado generado a partir de coronta de maíz e impregnado con quitosano, para el tratamiento complementario del agua potable. La activación del carbón activo se realizó con el método químico utilizando $ZnCl_2$ a $600\text{ }^{\circ}C$ durante 2 horas y bajo atmósfera de nitrógeno. Luego el quitosano fue impregnado bajo condición húmeda durante 4 horas en agitación constante. 30 g del material producido se colocaron en un soporte de plástico PVC de 1.5" de diámetro para constituir el filtro a ser utilizado durante el desarrollo de los experimentos. En este experimento se determinó que el filtro logró reducir las concentraciones de turbidez, cloro residual en agua potable entre 46,9-68,9% y 87,5-100%, respectivamente; en cuanto a las bacterias heterótrofas en el agua entre 32,8-66,7% en los primeros 50 min del experimento (Cruz et al., 2016).

Según el estudio mencionado se demostró que el carbón activo de mazorca de maíz remueve microorganismos patógenos como bacterias y virus entéricos, demostrando su alta potencialidad para reducir el riesgo de enfermedades. Cumpliendo unan función muy importante el carbón activo por su estructura porosa de la adsorción de estos microrganismos como coliformes y que esta agua tratada de acuerdo a los límites máximos permisibles estipulado en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA - Reglamento de calidad de Agua para consumo humano, considerando los parámetros en estudio como pH, turbidez, bacterias heterótrofas no superaron el límite máximo permisible establecido en la legislación peruana vigente. El filtro demostró ser efectivo en su reducción de estas bacterias entre 32.8 y 66.7 % entonces podemos afirmar que realizando este experimento se puede obtener resultados confiables.

Conclusiones

En conclusión, los estudios demuestran que el carbón activo de mazorca de maíz ayuda a mejorar su capacidad de adsorción y en consecuencia logra un porcentaje mayor de remoción de microorganismos patógenos. Asimismo, los filtros lentos son tecnología sencilla y económica que ayudan a potabilizar el agua siendo eficiente por su diseño y el uso de los medios filtrantes que tiene la propiedad de retener los microorganismos patógenos y contaminantes químicos que se encuentra en el agua de los ríos que le dan uso para el riego de cultivos.

A través de la evaluación de los estudios se evidencia que el potencial de los residuos de biomasa lignocelulosica que viene a ser la mazorca de maíz y también las cáscaras de frutas que puede sustituir algunos procesos de síntesis convencionales del carbón activado. Los beneficios de estos materiales ayudan a mejorar su capacidad de adsorción y en consecuencia lograr un porcentaje mayor de remoción de microorganismos patógenos como coliformes termotolerantes.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, E., Aguilar, E., Acevedo, D., & Panta, J. (2014). Calidad biológica de aguas residuales utilizadas para riego de cultivos forrajeros en tulancingo, hidalgo, méxico. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.03.024>
- Alvarez, B., Murrell, J., Moya, D., Hernandez, N., & Pérez, M. (2012). Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó , La Habana , Cuba.
- Avellanera, L. (2016). Diseño, propuesta e implementacion de un filtro para tratamiento de aguas de uso domestico en tanques de reserva en la poblacion del casco urbano de la inspeccion de san antonio de anapoima.
- Celi, M. P. (1993). *Gestion sobre la calidad del agua*.
- Cerro, G., Contreras, J., & Keiski, R. (2016). Activated carbons impregnated by chitosan and its comparison with commercial carbons. *SciELO*, 82(3). Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n3/a12v82n3.pdf>
- Cirelli, A., Holzapfel, E., Del Callejol, I., & Billib, M. (2009). *Manejo Sostenible del agua para Riego en Sudamérica*. 2009.
- Colpas, F., Tarón, A., & Fong, W. (2015). ANALISIS DEL DESARROLLO TEXTURAL DE CARBONES ACTIVADOS PREPARADOS A PARTIR DE ZURO DE MAÍZ ANALYSIS OF DEVELOPMENT TEXTURAL ACTIVATED CARBON FROM Zea mays, 20(1).
- Coronel, G., Ávila, F., Montes, S., & Montúfar, G. (2009). Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (, 15–23.
- Cruz, G., Guzmán, V., Rimaycuna, J., Alfaro, R., Cruz, G., Aguirre, D., & Ubillus, E. (2016). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual Complementary treatment of potable water using a filter of activated carbon impregnated with chitosan, 12(1), 65–74.
- Ensunchó, A. E., Milanés, N., & Robles, J. R. (2015). Remoción del colorante rojo allura en solución acuosa utilizando carbones activados obtenidos de desechos agrícolas. *Informacion Tecnologica*, 26(2), 69–78. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200009>
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Serie recursos naturales e infraestructura* (Vol. 50).
- FAO, O. D. L. N. U. P. L. A. Y. L. A. (2019). *Inocuidad de los alimentos un asunto de todos*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca4449es/ca4449es.pdf>
- Figueroa, J. M. (2007). Inmovilizacion de fibra de pluma de pollo en silica gel para la adsorcion de metales pesados en agua, 33.
- Fonseca, R., & Giraldo, L. (2015). Adsorción de Cr(III) desde solución acuosa sobre carbones activados obtenidos de residuos de Zea mays. *Afinidad. Revista de Química Teórica y Aplicada*, (Iii), 31–36.
- Guadua, A. P. D. E. B., Montesinos, C. S., Para, T., & El, O. (2018). LA MOLINA.
- Gustavo, G. J. (2018). *Remocion de molibdeno del agua del Rio Challhuanhuacho de Cotabambas-Apurimac con Carbon Activado de Tusa de Maiz*. Universidad Nacional del Altiplano.
- López, R. (2004). Caracterización de medios porosos y procesos percolativos y de transporte.

Retrieved from http://linux0.unsl.edu.ar/~rlopez/cap1_2.pdf

- Lugo, J. (2017). *Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades palafíticas en el Caribe Noorte Colombiano*.
- Marco, J. J., Claudia, U., & Orbegoso. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Rev. Peru Med Exp Salud Publica*, 26(1), 45–48.
- Martínez, M. C. (2012). *Preparación y caracterización de carbón activado a partir de lignina para su aplicación en procesos de descontaminación de aguas*.
- MINAM. (2017). Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - Decreto. *El Peruano*, 10–19. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Parra, A., & Perdomo, S. (2014). *Filtro de arena lento*.
- Pérez, J. (1997). Ensayo Modificado de Jarras para la Selección de Parámetros de Diseño de Floculación y Sedimentación, 4, 47.
- Rodríguez, M., Calvis, A., Hernández, F., & Yperman, Y. (2017). Características fisicoquímicas del carbón activado de conchas de coco modificado con HNO₃. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 26–38.
- Rodríguez Santos, J., Ortiz Ayoví, D., Rodríguez Baquerizo, E., & Santos Baquerizo, E. (2018). Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 118–130. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a9>
- Roncancio, G. M. (2010). Evaluación de filtros de arena y de malla para riego por goteo v, 52–62.
- Sanchez, D., Latorre, J., & Zuluaga, V. (2009). Mejoramiento de la calidad del agua de riego por filtración en múltiples etapas (FiME) Improving irrigation water quality through multi-stage filtration (MSF). *Redalyc*, 27(0120–9965), 407–415.
- Sánchez, L., Ramirez, W., Rincón, N., Blanco, D., Giraldo, L., & Moreno, J. (2012). Síntesis de carbón activado proveniente de semillas de Eucalipto por activación física y química. *Afinidad*, 69(559), 203–210.
- SNIP. (2010). *Análisis Funcional : Inversión pública en agricultura - Riego*.
- Survey, A. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura - Perfil de País -Perú.
- Zegarra, W. A. (2017). *Mejoramiento de la eficiencia en un sistema de riego por gravedad en el sector agricultura en el caserío carrapalday, distrito de julcan, provincia julcan- la libertad*.