



Influencia del tipo de carbón, peso y temperatura en la remoción de turbidez del agua

Aurora Rosa Neciosup Obando^{1*}, Isidoro Valderrama Ramos¹

1 Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Perú

RESUMEN

En la presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de carbón, tipo de carbón y temperatura para la más alta remoción de la turbidez del agua del río Chicama, debido a que se sigue observando la contaminación de las aguas de los ríos de nuestro litoral, lo que contribuiría a disminuir la concentración de turbidez, sólidos sedimentables y otros contaminantes, mejorando así el ecosistema acuático en el valle Chicama; puesto que la turbiedad de ,5 o más también ha sido asociada con el riesgo microbiológico potencial como: *Giardia*, *Cryptosporidium*. En la experimentación se trabajó con una muestra de 10 litros de agua del río Chicama del sector Bocatoma de Paiján para lo cual se utilizó el diseño de la investigación experimental trifactorial considerando tres tipos de carbón: de tusa de maíz (CT1), madera de pino (CT2) y cáscara de coco (CT3); cuatro niveles de temperatura entre 25°C, 30°C, 35°C y 40°C; y cuatro cantidades .01g, .02g, 0.03g y 0.04g de carbón de cada tipo; Asimismo, se realizó un análisis de varianza, manteniendo como variables fijas el tipo de carbón, temperatura y peso de carbón. Se llegó a la conclusión que a una concentración de 0.04 g. de carbón de tipo cáscara de coco y a una temperatura de 40°C se obtiene una mayor remoción de turbidez del agua del río Chicama.

Palabra clave

Tipo de carbón, temperatura, peso de carbón, remoción, turbidez del agua

ABSTRACT

The aim of this investigation was to determine the concentration of coal, type of coal and temperature for the highest removal of turbidity from the water of the Chicama river, due to the fact that the pollution of the waters of the rivers of our coast is still being observed, which would help to reduce the concentration of turbidity, sedimentable solids and other pollutants, thus improving the aquatic ecosystem in the Chicama valley; since the turbidity of ,5 or more has also been associated with potential microbiological risk such as: *Giardia*, *Cryptosporidium*. In the experiment we worked with a sample of 10 liters of water from the river Chicama of the sector Bocatoma de Paiján for which we used the design of the trifactorial experimental research considering three types of coal: corn tusa (CT1), pine wood (CT2) and coconut husk (CT3); four temperature levels between 25°C, 30°C, 35°C and 40°C; and four quantities .01g, 0.02g, 0.03g and 0.04g of coal of each type; likewise, a variance analysis was carried out, keeping the carbon type as fixed variables, carbon temperature and weight. It was concluded that a concentration of 0.04g. A higher turbidity removal of the water from the Chicama River is obtained at a temperature of 40 °C; and four quantities .01g, 0.02g, 0.03g and 0.04g of coal of each type; Likewise, an analysis of variance was performed, keeping the type of coal, temperature and weight of coal as fixed variables. It was concluded that at a concentration of 0.04g. of coconut shell type coal and at a temperature of 40 ° C a greater turbidity removal is obtained from the Chicama river water.

Keyword

Type of coal, temperature, weight of coal, removal, turbidity of water

INTRODUCCIÓN

Los ríos son ecosistemas extremadamente complejos, tienen numerosos componentes únicos, especialmente relacionados con la organización física en el eje horizontal. Las características geológicas y el clima son los factores clave que explican las diferencias entre ríos de distintas latitudes y biomas. Las variaciones de caudal determinan que las comunidades de organismos que habitan en época de aguas altas no sean las mismas que se encuentran en situación de aguas bajas. La composición de la biota responde a la disponibilidad de materiales (materia orgánica y nutrientes disueltos) y de energía (luz, velocidad del agua), con lo cual varía tanto espacial como temporalmente. (Sabater, Donato, Giorgi y Elozegi, 2009).

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de pesticidas. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y contaminantes que no están presentes de forma natural, además es un componente imprescindible en la vida del planeta. Y respecto al hombre, se considera que es el alimento más importante. Tomando en cuenta que, por definición, la calidad es la expresión de un conjunto de características de un bien o servicio para enfrentar la satisfacción de un usuario o consumidor (OMS, 1998).

La calidad del agua de los ríos puede evaluarse acorde a sus características físicas y químicas, a la diversidad y evolución de la biota acuática, también comparando las cantidades o concentraciones de sustancias presentes como se sabe afectan la vida de los peces, considerados uno de los componentes biológicos importantes de los ambientes acuáticos. La calificación posterior puede realizarse comparándola con un sistema formal de clasificación de ríos o por los criterios que muestran las concentraciones en que el agua se vuelve inadecuada para los diversos usos (OMS, 1998).

La creación de Hidroeléctricas (Presa Balbina) debido a la demanda energética que se ha dado en el mundo, vienen siendo afectados ríos y lagos tropicales, tal es el caso del Amazonas en Manaus (Brasil); que debido a las inundaciones la erosión y la consecuente disminución de la claridad del agua, provocan la muerte de los arrecifes coralinos que se encuentran cerca de la costa. Los habitantes del río también se ven afectados por la turbidez del agua. La mayoría de las especies que dependen principalmente de la vista declinan, mientras que el incremento en la cantidad de partículas suspendidas interfiere con las branquias de los peces (Mongabay.com, 2016).

En nuestro país se ha dado un gran problema debido a la contaminación de los cuerpos de agua que están distribuidos a lo largo del territorio nacional, tal es el caso que se desarrolló en la ciudad del Cusco, en la sub cuenca del río Huatanay entre 1997 y 2001, en el cual se encontraron terribles problemas de contaminación de este río, desde los desbordes e inundaciones, los deslizamientos de tierra, la contaminación del agua y la acumulación de residuos sólidos, observándose alta turbidez en esta sub cuenca. Todo esto significa un factor de alteración ambiental y de pérdidas económicas para los pobladores de la micro cuenca del río Cachimayo y del área urbana circundante al río Huatana (Mendivil, Arriaga, y Castañeda, 2002).

Chavimochic informó en marzo del 2015, que el nivel de abastecimiento cayó por la alta turbiedad en el agua del río Santa, que capta el canal madre para la Planta de Tratamiento de Salaverry. Todo hace indicar que no pueden tratar la cantidad de agua que se necesita por la turbidez que presenta; afectando a los distritos; La Esperanza, El Porvenir, Florencia de Mora y Huanchaco (El Milagro) (El Comercio, 2015).

La cuenca del río Chicama se encuentra ubicada en la vertiente del pacífico, en las regiones de la Libertad y Cajamarca. La unidad hidrográfica en la región Libertad se emplazada en cuatro (04) provincias (Ascope, Gran Chimú, Santiago de Chuco y Otuzco) y dieciocho (18) distritos; en la región

Cajamarca se encuentra emplazada en dos (02) provincias (Contumazá y Cajamarca) y cuatro (04) distritos de la Región Cajamarca, presenta variedad de climas en su área de drenaje. Las precipitaciones son la fuente primaria de agua, siendo nulas en las partes bajas, hasta los 500 msnm y luego van incrementándose en relación directa con la altura, la variabilidad temporal de la precipitación presenta dos periodos claramente diferenciados, la primera de estiaje entre los meses de mayo a octubre y la segunda de avenidas entre los meses de noviembre a abril.

En el valle Chicama se tiene demandas de los diversos sectores productivos como: agrarios, acuícola, pesquero, energético, industrial, medicinal, minero y de uso poblacional; siendo la demanda de mayor volumen del sector agrario con el 80% de la demanda total, dicha demanda se viene incrementando año tras año por el incremento de la población y la necesidad de producir alimentos.

De la evaluación de los recursos hídricos en la cuenca del río Chicama, se ha determinado el déficit del recurso hídrico en la jurisdicción de la Autoridad Local Agua ALA – Chicama, esta situación conduce a los usuarios y al propio estado a la búsqueda de fuentes de agua alternativas como la implementación del Proyecto especial CHAVIMOCHIC - III Etapa, proyectos de represamiento en las partes altas, explotación planificada de aguas subterráneas y las aguas de recuperación; incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente y sostenible de los usuarios y operadores (Moreno y Seclen, 2015).

Por conocimientos previos de estudio se sabe que si se sigue contaminando el río Chicama esta agua no se podrá utilizar para ningún tipo de actividad, debido al aumento de la turbidez en este cuerpo de agua, y no podrá ser utilizado para el riego de vegetales, bebida de animales o alguna actividad económica ya que contaminaría el suelo y otros cuerpos de agua (Penedo, Manals, Vendrell, y Salas, 2015) estudiaron la capacidad del carbón activado de cáscara de coco para la extracción de níquel y cobalto, bajo diferentes condiciones experimentales desde soluciones modeladas de sulfatos. Los experimentos se realizaron con el objetivo de obtener la capacidad de adsorción y el porcentaje de adsorción, aplicando un diseño factorial 2^3 , considerando como efectos principales la concentración inicial de la solución, pH y dosis de adsorbente. La capacidad de adsorción de Cobalto alcanzó valores entre 0.70 y 9.94 mg/g; para Níquel alcanzó valores entre 2.62 y 98.21 mg/g.

Carrillo y Sánchez (2013) elaboraron un filtro a base de carbón activado del endocarpo de coco; con el fin de verificar si este es capaz de reducir la concentración de compuestos minerales presentes en el agua potable; obteniendo el porcentaje de retención de la misma es mayor a un 80% este resultado fue constante indistintamente si el filtro contenía 25g, 50g o 100g de Carbón activado.

Paredes (2011) sintetizó carbones activados por un proceso químico obtenidos a partir de la cáscara de castaña, con el objetivo de analizar la capacidad de remoción de estos adsorbentes para eliminar los compuestos aromáticos de las soluciones acuosas. Encontrando que la capacidad de adsorción de estos compuestos presenta el siguiente orden descendente: ácido salicílico, ácido benzoico y fenol.

Del Gallardo (2011) preparó carbones activados a partir de pepas de níspero de palo (*Mespilus communi*), por activación química utilizando como agentes activantes ácido fosfórico e hidróxido de potasio, en un ambiente inerte empleando un flujo controlado de nitrógeno gaseoso. Se evaluó la influencia del tamaño de partícula del precursor, la relación de impregnación, Encontró que el carbón activado obtenido de este precursor tiene alta capacidad de adsorción de fenoles, superior a 100 mg fenol/g.

Obregón (2012) estudió la adsorción del ión cadmio, que es un metal pesado muy tóxico aún a bajas concentraciones, empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna. Obteniendo que los mejores carbones obtenidos fueron: 0.75-600 entre los carbones de aguaje, y carbones de aceituna 1-600 para la serie aceituna. Estos carbones se caracterizaron por tener una alta

área mesoporosa (140 y 125 m²/g, respectivamente) y alta acidez superficial (2,43 y 2,37 mmolH⁺1/g, respectivamente) lo que favoreció la adsorción de cadmio.

En Perú, la Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales, establece la protección de la calidad de los recursos hídricos, por lo que hay la necesidad de implementar los mecanismos necesarios para la protección de las cuencas hidrográficas y acuíferos. La calidad del agua se ha visto afectada principalmente por los relaves mineros con metales pesados que son arrojados a las cuencas hidrográficas, siendo, por ejemplo, los ríos Mantaro, Rímac, Santa e Ilo, entre otros, los que presentan gran contaminación química que causan la pérdida de la biodiversidad (Padilla 2016). En la costa peruana la irrigación es indispensable para la agricultura, las descargas de los ríos son fluctuantes estacionalmente y generalmente insuficientes para atender las demandas de la actividad agrícola, por lo que es necesario asegurar el uso eficiente y eficaz del agua. El tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes: a corto plazo influye en la producción calidad y tipo de cultivo y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente estéril para la agricultura (Carhuachín, 2014).

Cuando se considera la calidad del agua, el problema adquiere una dimensión espacial mayor, en la que están involucradas actividades agrícolas y no agrícolas circunscritas a un territorio, y por lo tanto, la solución ya no depende tan sólo de las prácticas intraprediales, debiéndose buscar los mecanismos de coordinación y acuerdos para preservar la calidad del agua con otros usuarios de este recurso y evitar así los problemas de contaminación puntual y difusa. Además, se debe promover la conservación de los recursos naturales a través del establecimiento de sistemas productivos limpios que puedan optar a una certificación. La calidad del agua de riego depende principalmente de su contenido de limo y constituyentes salinos. Entre los factores salinos más importantes para la calidad del agua se encuentran: la concentración total de sales, la proporción de sodio a otros cationes, y la presencia de iones especialmente tóxicos, como el borato o, para algunos cultivos posiblemente el cloruro, el sodio o el bicarbonato (Galvin, 2003).

La cuenca del río Chicama presenta altos índices de contaminación generados por las actividades humanas y de producción por parte de la población. Entre los principales problemas que afectan este sector debido a su irregularidad, dificulta el desarrollo de las actividades programadas en la administración de recursos hídricos presentando sequías severas por no contar con riego regulado, la cuenca no dispone con diagnóstico de la infraestructura de riego y drenaje. Por otro lado, la erosión de suelos por mal manejo de aguas y la alta deforestación por los agricultores en su afán de ampliar la frontera agrícola, generan grandes problemas en el deterioro del ambiente y biodiversidad, se ha estimado 400 ha deforestadas a lo largo del río Chicama (García, 2016). Lo anteriormente expuesto fue la razón por la que se formuló la pregunta de investigación: ¿Cuál es la influencia del tipo de carbón, peso y temperatura en la remoción de turbidez del agua del río Chicama? y cuyo objetivo fue analizar la Influencia del tipo de carbón, peso y temperatura en la remoción de turbidez del agua del río Chicama, con la finalidad de determinar la concentración de carbón, tipo de carbón y temperatura para la más alta remoción de la turbidez del agua del río Chicama y así mejorar el ecosistema acuático en el referido valle.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

La población es el agua del río Chicama, sector Bocatoma de Paján.

Muestra

La muestra que se analizó, estuvo constituida por 10 litros de agua extraída del río Chicama del sector Bocatoma de Paján, y se trabajó a nivel de laboratorio.

Unidad de análisis

La unidad de análisis es de 100 ml por cada muestra.

Tipo de estudio

La investigación es de carácter prospectivo, longitudinal, comparativo y experimental.

Diseño de investigación

En el presente trabajo se utilizó un diseño experimental trifactorial, ajustado a un diseño completamente al azar, siendo las variables independientes: Tipo de carbón, temperatura y peso de carbón y la variable dependiente: medición de la turbidez en (0-40) NTU, realizándose un total de 48 unidades muestrales.

Variables

- Tipo de carbón: CT1, CT2, CT3
- Temperatura: 25°C, 30°C, 35°C, 40°C
- Peso de carbón: .01, .02, .03, .04

donde:

- CT: Tipo de carbón
- T°: Temperatura
- P: Peso de carbón (g)

Al combinar los tres niveles (CT, T° y P), se tiene: $3 \times 4 \times 4 = 48$ unidades muestrales.

Análisis estadístico de los datos

Se realizó el análisis de varianza correspondiente a un diseño experimental trifactorial, realizando previamente las pruebas preliminares de homogeneidad de varianzas y de normalidad de Shapiro-Wilk, de la variable respuesta en todos los tratamientos, exigidas para la correcta aplicación del análisis de varianza; Asimismo, se realizaron pruebas post análisis de varianza para identificar entre que pares de tratamientos existe diferencia significativa ($p < .05$).

Los datos fueron procesados con el software estadístico Rstudio versión 3.4.4 y las tablas fueron elaboradas bajo las normas APA.

RESULTADOS

Tabla 1

Pruebas preliminares para aplicación del análisis de varianza

Pruebas preliminares	Sig.
Homogeneidad de Varianza: Levene	$p > .05$
Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk	$p > .05$

Los resultados que se muestran en la tabla 1, evidencian el cumplimiento de la homogeneidad de varianzas ($p > .05$) y de la condición de normalidad ($p > .05$).

Tabla 2

Análisis de varianza de la turbidez de agua respecto al tipo de carbón, temperatura y peso de carbón

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	48,844	11	4,44	5,75	,000**
Intersección	229,95	1	229,95	297,65	,000**
Error	27,812	36	0,773		
Total	306,606	48			

**p<.01

Existe diferencias altamente significativas entre los tipos de carbón, temperatura y peso de carbón ($p < .01$).

Tabla 3

Pruebas post ANVA de la turbidez de agua respecto a la temperatura

		Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% para diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
25	30	,359	,000	-,646	-2,102
	35	,359	,000	-,932	-2,388
	40	,359	,000	-1,316	-2,772
30	25	,359	,000	2,102	,646
	35	,359	,431	,442	-1,014
	40	,359	,070	,058	-1,398
35	25	,359	,000	2,388	,932
	30	,359	,431	1,014	-,442
	40	,359	,291	,344	-1,112
40	25	,359	,000	2,772	1,316
	30	,359	,070	1,398	,058
	35	,359	,291	1,112	-,344

**p<.01

Mayor remoción se obtuvo a una temperatura de 40°C ($p < .01$)

Tabla 4

Pruebas post ANVA de la turbidez de agua respecto a la temperatura

		Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% para diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
CT1	CT2	,311	,740	,526	-,734
	CT3	,311	,000	-,738	-1,998
CT2	CT1	,311	,740	,734	-,526
	CT3	,311	,000	-,634	-1,895
CT3	CT1	,311	,000	1,998	,738
	CT2	,311	,000	1,895	,634

**p<.01

Mayor remoción corresponde al tipo de carbón CT3 ($p < .01$)

Tabla 5

Pruebas post ANVA de la turbidez de agua respecto al peso del carbón

	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% para diferencia		
			Límite inferior	Límite superior	
,01	,02	,359	,000	-,646	-2,102
	,03	,359	,000	-,932	-2,388
	,04	,359	,000	-1,316	-2,772
,02	,01	,359	,000	2,102	,646
	,03	,359	,431	,442	-1,014
	,04	,359	,070	,058	-1,398
,03	,01	,359	,000	2,388	,932
	,02	,359	,431	1,014	-,442
	,04	,359	,291	,344	-1,112
,04	,01	,359	,000	2,772	1,316
	,02	,359	,070	1,398	,058
	,03	,359	,291	1,112	-,344

**p<.01

En la tabla 4, se evidencia que la mayor remoción se obtuvo para un peso de .04g de carbón (p<.01)

DISCUSIÓN

Los estudios realizados por Penedo (2015), Carrillo y Sánchez (2013) donde trabajaron con carbón activado de cáscara de coco con el fin de reducir la concentración de compuestos minerales presentes en el agua, llegaron a conclusiones similares donde haciendo uso del tipo de carbón activado de cáscara de coco y reduciendo esas concentraciones de minerales en el agua se obtiene una mayor remoción de turbidez de agua. También se puede acompañar al tipo de carbón activado de cáscara de coco, su peso de 0.04 g. y a una temperatura de 40°C para la obtención de mejores resultados en la remoción de turbidez de agua del río Chicama.

CONCLUSIONES

Según los hallazgos encontrados se concluye que el tipo de carbón, peso de carbón y temperatura influyen significativamente en la remoción de la turbidez del agua del río Chicama, obteniendo la más alta remoción de la turbidez del agua de este río, a una concentración de 0.04 g. de carbón, empleando el tipo de carbón de cáscara de coco y a una temperatura de 40°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carhuachín, R. J. (2014). Caracterización física y química de suelos y agua del sector Mitapampas-Iiasam-Tingua
- Carrillo, V. y Sánchez, N. (2013). Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable (tesis de pregrado). Universidad el Salvador, El Salvador.
- Del Gallardo, G. (2011). Preparación - caracterización de carbones activados a partir de pepas de níspero de palo (*mespilus communi*) y su aplicación como material adsorbente de fenol (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

- Galvín, R. M. (2003). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. España: Ediciones Díaz de Santos.
- García, M. (2016). Consumo de agua de riego y cédulas de cultivo en el valle Chicama, Perú (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú.
- Mendivil, R., Arriaga, B. & Castañeda, J. (2002). Gestión del agua en la cuenca del río Huatanay y la concentración para el tratamiento de problemas ambientales. Cusco: Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA).
https://www.ima.org.pe/publicaciones/experiencias/PUB_huatanay.pdf
- Mongabay.Com. (2009). *Amenazas para los ríos y lagos tropicales*. Recuperado el 17 de mayo 2016. Disponible en: <http://global.mongabay.com/es/rainforests/0608.htm>.
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, H. & Escobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*. 16. 137-148. ISSN 1794-1237
- Moreno, E. H. y Seclen, D. F. (2016). Modelo de gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca del río Chicama. Perú (tesis de pregrado). Universidad Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Obregón, D. (2012). Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de cadmio utilizando carbones activados a partir de semillas de aguaje y de aceituna (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- OMS. (1998). Operación Guide GEMS/WATER. Límites Máximos Permisibles para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano. Ginebra: Edición. Ginebra.
- Padilla, A. M. G. (2016). Gestión integrada de recursos hídricos de la Cuenca del río Jequetepeque, Perú. *SCIENDO*, 17(2), 1-26.
- Paredes, A. (2011). Estudio de la adsorción de compuestos aromáticos mediante carbón activado preparado a partir de la cascara de castaña (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Penedo, M., Manals, Vendrell, F. y Salas, D.E., (2015). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco. *Revista RTQ*, vol. 35, p. 110. ISSN 2224-6185.
- Sabater, S., D., J. C., Giorgi, A. & Elosegí, A. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial: El río como ecosistema. España: Fundación
- BBVA. https://www.fbbva.es/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_02.pdf.