

ARTÍCULO ORIGINAL

REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD DE AGUA CON COAGULANTES NATURALES OBTENIDOS DE SEMILLAS DE DURAZNO (*Prunus persica*) Y PALTA (*Persea americana*)

REMOVAL OF WATER TURBIDITY WITH NATURAL COAGULANTS OBTAINED FROM PEACH SEEDS (*Prunus persica*) AND AVOCADO (*Persea americana*)

Hellen Barbarán-Silva¹, Jhanny López-Chávez^{1*} & Julio Chico-Ruíz²

¹Laboratorio de Biotecnología, Escuela de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad César Vallejo-Trujillo-Perú. mar_paz_97@hotmail.com, jhanny.lopezchavez@gmail.com*

²Laboratorio de Cultivos Celulares. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo-Perú. jchico22@unitru.edu.pe

RESUMEN

Durante las épocas de lluvia, la turbidez del río Santa aumenta por lo que genera un problema en el tratamiento de potabilización de esta misma, por ello es necesario buscar alternativas de solución como fue determinar la remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno y palta sobre la clarificación del agua del río Santa-Chimbote. La muestra recolectada fue llevada al laboratorio para analizar su pH, la turbidez y los sólidos en suspensión antes y después de la aplicación de los tratamientos a base de coagulantes de semillas de durazno y palta desengrasadas en diferentes concentraciones (5, 10 y 15 gr/L), haciendo uso del pH-metro, turbidímetro, equipo Soxhlet y test de jarras. Los resultados mostraron que el coagulante obtenido de la semilla de durazno tiene un porcentaje de remoción del 92.95% a la concentración de 15 gr/L; mientras que la semilla de palta a 5 gr/L, su porcentaje de remoción es de 48,92%. En consecuencia, las semillas de durazno desengrasadas actúan con mayor eficacia que las semillas de palta en la reducción de la turbidez del agua.

Palabras Claves: tratamiento de agua, coagulante natural, semillas desengrasadas.

ABSTRACT

During rainy seasons, the turbidity of the Santa River increases, which causes a problem in the purification treatment of the same, for this reason it is necessary to look for alternative solutions such as determining the efficiency of the extracts of peach and avocado seeds. the clarification of the water of the Santa-Chimbote river. The collected sample was taken to the laboratory to analyze its pH, turbidity and solids in suspension before and after the application of the coagulant treatments of degreased peach and avocado seeds in different concentrations (5, 10 and 15 gr / L), using the pH meter, turbidimeter, Soxhlet equipment and jug test. The results showed that the coagulant obtained from the peach seed has a removal percentage of 92.95% at the concentration of 15 gr / L; while the avocado seed at 5 gr / L, its percentage of removal is 48.92%. Consequently, degreased peach seeds act more effectively than avocado seeds in reducing the turbidity of water.

Key words: water treatment, natural coagulant, degreased seeds.

Recibido: 30 agosto 2017.

Aceptado: 10 noviembre 2017.

Publicado online: 30 diciembre 2017.

INTRODUCCIÓN

Los ríos son las principales fuentes de recurso hídrico destinado para el consumo humano. En Trujillo, el Proyecto Especial Chavimochic capta las aguas del río Santa para su posterior

potabilización. Una de las características que se busca controlar en el agua para su posterior tratamiento, es la turbidez generada debido a las diferentes descargas contaminantes vertidas al río Santa y el aumento de las precipitaciones que generan el arrastre de partículas inorgánicas, impidiendo un tratamiento rápido y eficaz en la potabilización de agua, siendo necesario el uso de coagulantes y floculantes químicos sintéticos.

Las partículas muy pequeñas, denominadas partículas coloidales, son los causantes principales de la turbidez y el color del agua debido a que permanecen suspendidas en el agua por tiempo prolongado. Estas partículas, por su afinidad pueden ser hidrofílicas o hidrofóbicas. Debido a que son hidrofílicas se dispersan espontáneamente dentro del agua, siendo rodeados de moléculas de agua que previenen todo contacto posterior entre estas partículas. Las partículas hidrofóbicas, por el contrario, no son rodeadas de partículas de agua y requieren de la ayuda de medios químicos y físicos para su dispersión (Marín, 2003; Andía, 2000). La presencia de estos compuestos en el agua es indeseable debido a que pueden generar la proliferación de microorganismos patógenos y riesgo en la salud a la población. Así también, para la potabilización de agua, significa una problemática debido a que presentan tamaños menores a un micrómetro y están cargados eléctricamente en su superficie, razón por la cual no es posible esperar su sedimentación por caída libre, tal como sucede con las partículas discretas. (Ruíz, 2015).

La coagulación consiste en la desestabilización química de las partículas coloidales, neutralizando las fuerzas que mantienen a dichas partículas separadas mediante la adición de reactivos químicos. (Ruíz, 2015). Las partículas coloidales poseen carga negativa en su superficie, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide. El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético que rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua. (Andía, 2000). También es necesario conocer los factores que influyen en la coagulación como el pH, tipo de coagulante, contenido de material suspendido, tamaño de partícula, temperatura, agitación (Aguilar, 2002; Ruíz, 2015).

Para la potabilización del agua se utilizan sustancias químicas como sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso, polielectrolitos, etc. Cuando se adicionan estas sales al agua se producen complejas reacciones químicas, las cuales varían dependiendo de la alcalinidad del agua. Estas reacciones producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados. En el momento en que ocurre la polimerización de los agentes coagulantes, estos atrapan los coloides y los integran a la estructura del flóculo formado (Ruíz, 2015).

Las semillas de durazno y palta contienen proteínas y almidón que son las características que le dan la propiedad de coagulación. Principalmente las proteínas al presentarse de manera catiónica desestabilizan a las partículas coloidales de carga negativa haciendo que se atraigan unas con otras formando los coágulos y posterior a ello, los flóculos. Una semilla de durazno tiene un porcentaje de humedad de 7%, aceites y grasas de 51.40%. Además, retrasan las reacciones químicas, microbiológicas, y la formación de enzimas por lo que contribuyen en el tratamiento de aguas, estas características las vuelven uno de los coagulantes naturales más usados y con mejores características (Ramírez & Jaramillo, 2014).

En la semilla de palta es posible encontrar enzimas y sustancias de características antibióticas y antimicrobianas. Estas últimas tendrían posibles utilidades en conservas de carne, en procesos de curado y en la preservación de cremas de confitería. También es factible la utilización de la semilla para extraer taninos y pigmentos. Además, es una potencial fuente de almidón, debido a su contenido cercano al 30%, tiene algunos principios antinutricionales como ácido cianhídrico, glucósidos cianogénicos, polifenoles condensados y algunos taninos, que podrían actuar adversamente sobre la posibilidad de su utilización (Olaeta *et al.*, 2007).

La mayoría de los coagulantes naturales se derivan de extractos de semillas, hojas, cortezas, savia, raíces y frutas (Pritchard *et al.*, 2009). Diversos autores han demostrado que el uso de

coagulantes provenientes de las semillas secas de *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbbeck*, *Phaseolus vulgaris* y *Tamarindus indica*, representan una alternativa viable para la clarificación de aguas crudas, y para minimizar el impacto que el residual de aluminio podría causar a la salud humana, a los sistemas de distribución y al proceso de desinfección (López *et al.*, 2008; Guzmán *et al.*, 2013).

Valderrama & Barraza (2006) en su investigación sobre la clarificación del jugo de caña (*Saccharum officinarum*) encontró que la concentración más adecuada de goma de tara fue de 30 ppm, a pH de 7,6 obteniéndose un tiempo de sedimentación de 16,7 minutos, volumen de cachaza de 74 mL, 67,8% de color removido y 0,22% de fibra residual. Aguilar (2010) trabajando con semillas de tara como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas encontró que efectivamente reduce la turbidez y contaminación de aguas, por ende, reduce también la cantidad de coagulante químico que se usa convencionalmente. Cayotopa & Rodríguez (2011) en su tesis encontró que el coagulante de "moringa" si reduce la turbidez; sin embargo, el sulfato de aluminio resulta siendo más eficaz.

Quispe (2012) en su tesis encontró que el mucílago fresco del nopal remueve la turbidez entre un 95,39% y 92,36% al tratar turbiedades iniciales altas y entre un 25 y 19% a turbiedades medias; y en el caso de mucílago seco, hubo remoción, pero menos eficiente. Solís *et al.* (2012) en su tesis encontró que la mayor reducción de color fue del 94 % de eficiencia de almidón de yuca y que la turbidez redujo del 98.7 y 97.9 %. Vásquez (2013) trabajando con cinco semillas diferentes encontró que la semilla de huizache podría tener una aplicación como coagulante primario, con una remoción de la turbiedad de 60% en aguas con turbiedad baja (50 UTN), a pH 8 y temperatura ambiente. Ramírez & Jaramillo (2014) reporta que las semillas de maracuyá si reúne las características para poder remover la turbidez de aguas superficiales. Guzmán *et al.* (2015) trabajando con *Cassia fistula* encontró que la dosis óptima del coagulante está entre 15-25 mg/L, obteniendo valores finales de turbidez y color de 6 NTU y 25 UC respectivamente; demostrando la potencialidad de uso de este coagulante natural como coagulante primario en tratamiento de aguas crudas. Carrasquero, *et al.* (2015) trabajando con semillas de durazno (*Prunus persica*), llegó a la conclusión de que la dosis optima de semillas de durazno desgrasadas es 250 mg/L representando porcentajes de remoción superiores al 90%.

La presente investigación tuvo como propósito aportar nuevos conocimientos sobre coagulantes naturales, en la aplicación del tratamiento de agua de río con alto grado de turbidez. Además, las empresas procesadoras de frutas desechan grandes cantidades de materiales que no son aprovechados, debido a que estas empresas dirigen su mayor esfuerzo hacia el aprovechamiento de la pulpa para la realización de productos alimenticios de mayor valor agregado.

Con lo expuesto se demostró la remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*) teniendo como objetivos específicos evaluar la acción coagulante de la semilla de durazno y la semilla de palta en reducir la turbidez del agua del río Santa-Chimbote.

MATERIAL Y MÉTODOS

Extracción y preparación de los coagulantes naturales

Las semillas de durazno y palta se obtuvieron de los residuos generados en los hogares (Fig. 1). Una vez eliminado el endocarpio en ambas semillas, se molieron parcialmente por separado (5 g) para luego ingresar al sistema Soxhlet en donde, con el solvente hexano (50 ml) se hicieron los lavados necesarios para eliminar las grasas naturales que las semillas. Posteriormente se llevó a una estufa (60° C) con el fin de eliminar la humedad y evitar la desnaturalización de las proteínas. Una vez secas las muestras se molieron completamente con ayuda de morteros y

finalmente se tamizaron en cedazos de 0.25 mm, teniendo como producto final un polvo de semillas, la cual se guardó en bolsas de papel filtro. Para la preparación de coagulantes aplicados en concentraciones, se hicieron disoluciones de determinada masa de semilla en 1 Litro de agua destilada hervida y se adaptaron al test de jarras (Fig. 2).

Colecta de las muestras de agua

Las muestras de agua fueron tomadas del canal Chavimochic ubicado en Alto Moche por donde transcurre el agua del río Santa. Para la toma de muestras se tuvo en cuenta las consideraciones dadas en el Protocolo para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, dado por la autoridad Nacional del Agua (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016). Los parámetros de pH y turbidez inicial no fueron tomados en campo, por lo que cuando culminó la toma de muestra se transportaron en coolers al Centro de Innovación Tecnológica de Moche para los respectivos análisis.

Tratamientos

Se aplicaron seis tratamientos diferentes, con tres repeticiones cada una, a la muestra de agua del río Santa, a explicarse a continuación:

T0: Sin aplicación de coagulante en concentraciones de semilla

T1': Aplicación de 5 gr/L. de coagulante de semilla de durazno.

T2': Aplicación de 10 gr/L. de coagulante de semilla de durazno.

T3': Aplicación de 15 gr/L. de coagulante de semilla de durazno.

T4': Aplicación de 5 gr/L. de coagulante de semilla de palta.

T5': Aplicación de 10 gr/L. de coagulante de semilla de palta.

T6': Aplicación de 15 gr/L. de coagulante de semilla de palta.

Donde **T: Tratamiento**

Evaluación

En el desarrollo de este proyecto se evaluó en la muestra testigo y en las seis sub muestras tratadas, la turbidez en unidades nefelométricas de turbidez (UNT), pH y sólidos en suspensión, en mg/L. Los resultados fueron promediados y la remoción se expresó en porcentaje.



Fig. 1. Semillas de durazno y palta obtenidas para la elaboración de los coagulantes naturales.

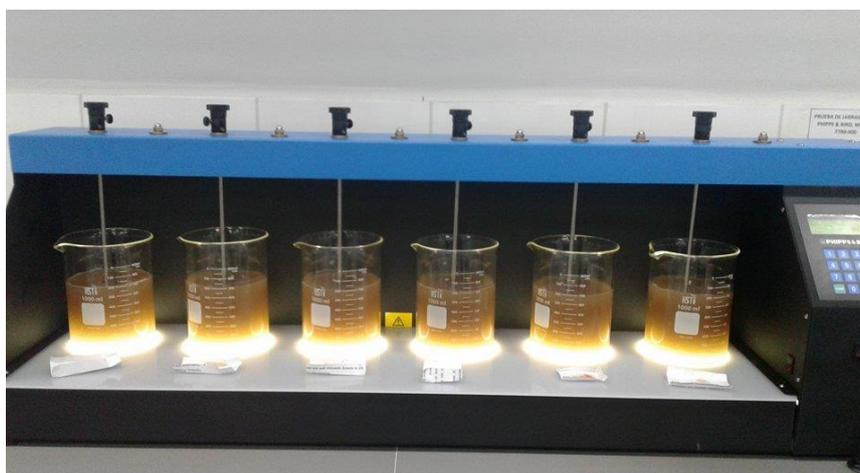


Fig. 2. Muestras de agua antes de iniciar los tratamientos en el Test de Jarras.

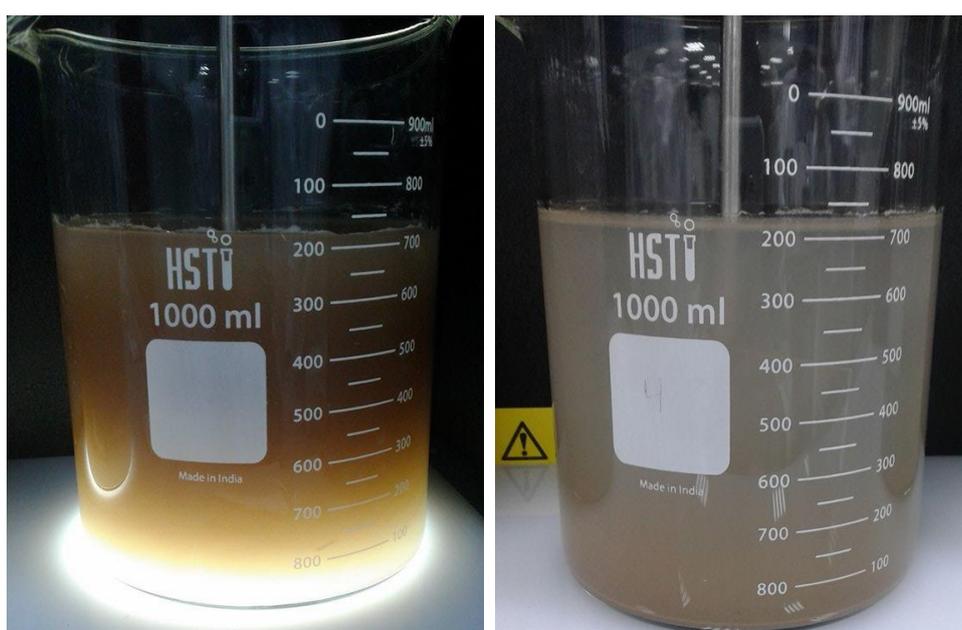


Fig. 3. A la izquierda la muestra antes del tratamiento con coagulante de semilla de durazno, a la derecha después del tratamiento.

RESULTADOS

Tabla 1. Condiciones iniciales de la muestra de agua colectada del río Santa-Chimbote.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	TURBIDEZ (NTU)	pH	SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)
MUESTRA INICIAL (testigo)	1302	6.3	5260

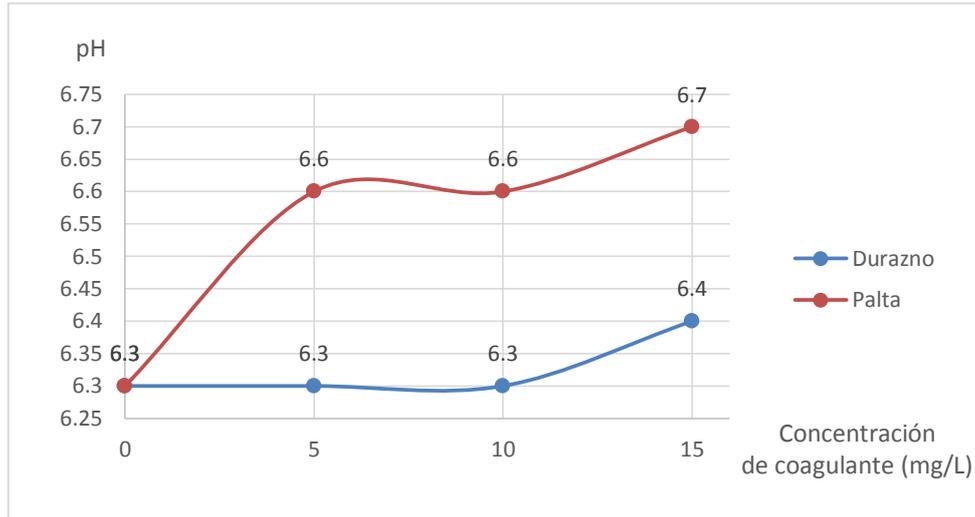


Fig. 4. Variación promedio del pH en muestras tratadas con coagulantes de durazno y palta a diferentes concentraciones.

El pH de las muestras tratadas con el coagulante de semilla de palta aumentó ligeramente siendo el máximo de 6.7; mientras que en los tratamientos con coagulante de semilla de durazno, el pH de las muestras llegó a 6.4 (Fig. 4).

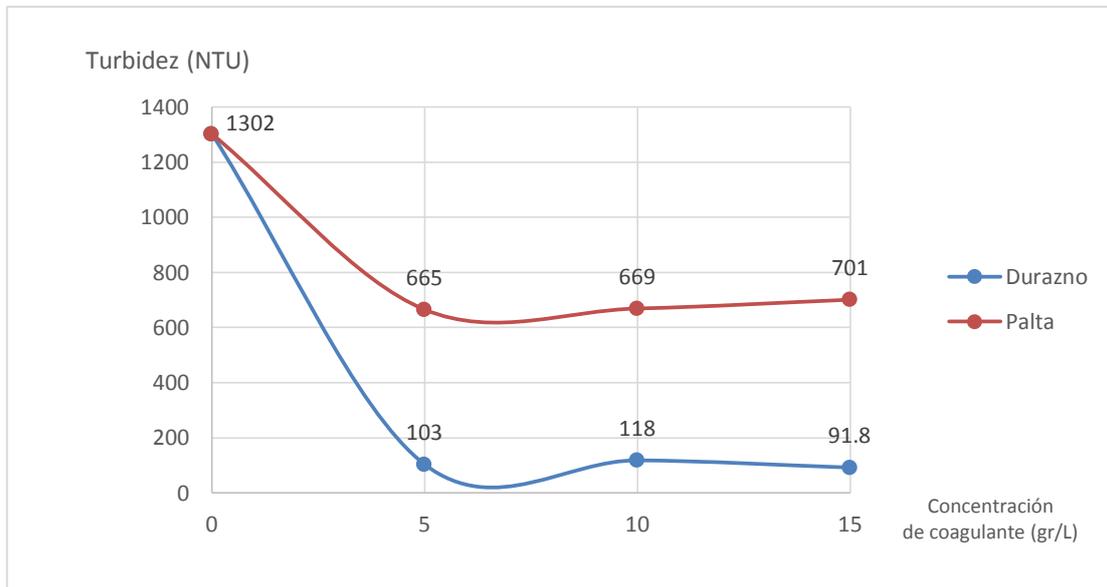


Fig. 5. Variación promedio de la turbidez en las muestras tratadas con coagulante de durazno y palta a diferentes concentraciones.

En las muestras de agua el menor valor de turbidez, 91.8 NTU, fue obtenida tras la aplicación de 15 gr/L de coagulante de durazno; mientras que, en el tratamiento con coagulante de palta, el menor valor obtenido de turbidez, 665 NTU, se obtuvo tras la aplicación de 5 gr/L de coagulante (Fig. 5).

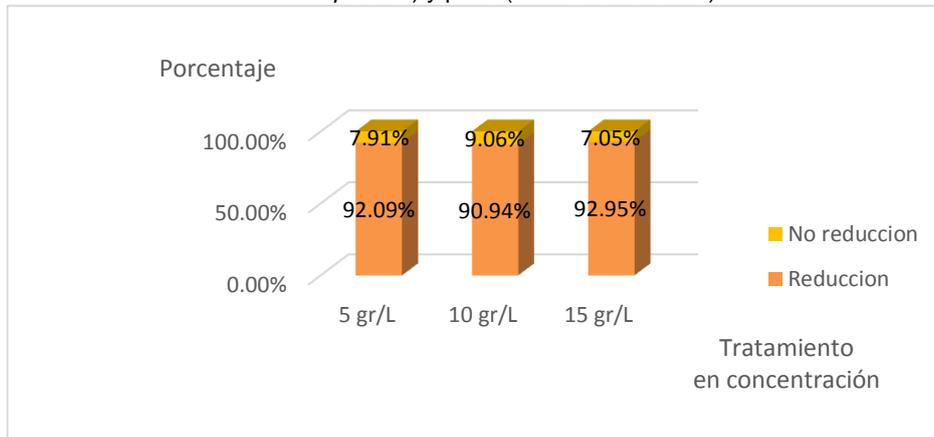


Fig. 6. Porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Santa tratada con coagulante de durazno a diferentes concentraciones.

Con la aplicación de coagulante de durazno con la concentración de 15 gr/L, se obtuvo el mayor porcentaje de disminución de turbidez del agua del río Santa, siendo 92.95% (Fig. 6).

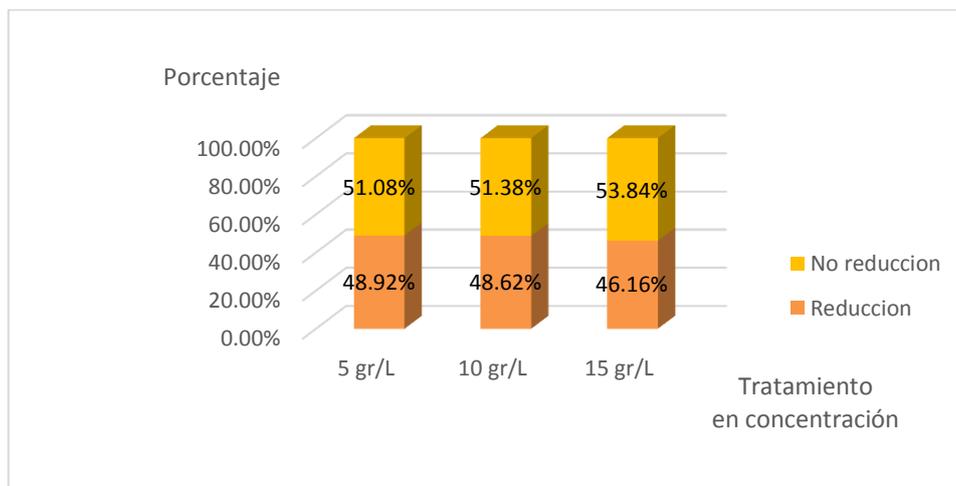


Fig. 7. Porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Santa tratada con coagulante de palta a diferentes concentraciones.

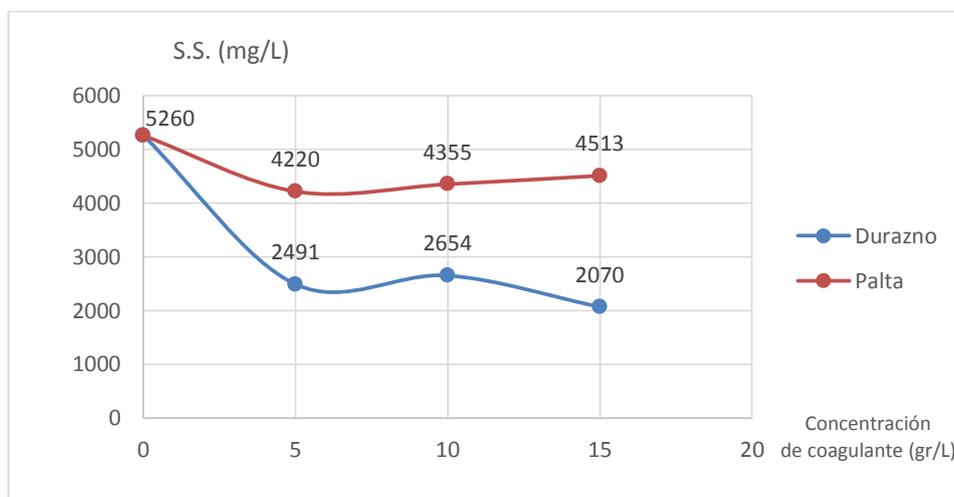


Fig. 8. Variación promedio de la cantidad de sólidos suspendidos en muestras tratadas con coagulante de durazno y palta a diferentes concentraciones.

El 48.92% fue el mayor porcentaje de reducción de turbidez del agua del río Santa, obtenida tras la aplicación de coagulante de palta con la concentración de 5 gr/L (Fig. 7).

En todas las muestras tratadas con ambos coagulantes hay una disminución de la cantidad sólidos suspendidos, siendo más significativas las muestras tratadas con coagulante de semilla de durazno al tener valores por debajo de los 300 gr/L de sólidos suspendidos (Fig. 8).

DISCUSIÓN

En la Fig. 2 se observa que el coagulante de semilla de durazno actúa de manera eficaz a una concentración óptima de 15 gr/L, reduciendo la turbidez a valores de 91.8 NTU. Lo cual representaría, según la Fig. 3, el 92.95% de remoción; resultados que corroboraría el trabajo de Carrasquero, *et. al* (2015) con una remoción superior al 90% pero aplicó menores concentraciones para turbideces sintéticas relativamente bajas. Además, las semillas utilizadas previamente se extrajeron las grasas y aceites, la cual es un factor limitante para su actividad coagulante según Martínez & Gonzales (2012) en su experiencia con tuna. Algunos autores manifiestan que las semillas contienen almidón y proteínas catiónicas y aniónicas que pueden ser los principales factores de la coagulación, tal es el caso de Vásquez (2007) que comenta que las semillas de los frutos remueven la turbiedad de agua debido a que las proteínas liberadas de estas se enlazan con las partículas y bacterias suspendidas, formando aglomerados que posteriormente se remueven por sedimentación. Otra opinión sería que en ausencia de sales (NaCl) el extracto activo no depende de cargas eléctricas como en el caso del coagulante obtenido de semillas de moringa (Miller *et al.*, 2008). Entonces la coagulación podría estar llevándose a cabo por algún mecanismo de atrapamiento en el que no intervienen las cargas, como en el caso de los coagulantes que funcionan por arrastre de barrido (Lédo *et al.*, 2009). Okuda *et al.* (2001) establecieron un mecanismo de reacción probable para los coagulantes naturales, basado en la formación de una estructura semejante a una malla que atrapa los sólidos suspendidos (como el caolín) durante la coagulación. Los cationes bivalentes del coagulante natural son eléctricamente adsorbidos por el componente activo con carga negativa ajustado de acuerdo al pH óptimo para la coagulación, formando así una materia insoluble con la malla. Otro mecanismo propuesto es la compresión de la doble capa con las partículas de caolín y el componente activo de coagulación permitiendo la formación de puentes interpartículas.

En cuanto a las semillas de palta (Fig. 2, 3) su remoción es del 48.92%. Se puede seguir experimentando con concentraciones distintas para elevar el porcentaje de remoción. De esta semilla se conoce que contiene de 2.6 a 1.7 gramos de proteína, que es una característica de la propiedad de coagulación. El único problema sería que al estar expuesta al aire se vuelve de un color rojizo, esto debido al tanino que presenta y esta sustancia tiende a darle color al agua tratada.

Sobre el pH, Mejías *et al.* (2010) obtuvieron resultados similares y concluyeron que el uso de sustancias naturales como el exudado gomoso de *Cedrela odorata* en el proceso de coagulación de aguas, no altera el valor del pH a niveles que produzcan daños en las redes de distribución del agua potable. La alcalinidad total es un importante parámetro para fines operativos, debido a que mayor alcalinidad más resistente es el agua a sufrir grandes cambios de pH, ajuste necesario en algunos casos para optimizar el proceso de desinfección por medio de cloro (De Sousa *et al.* 2010).

Esta experiencia nos confirma que las semillas tienen propiedades de coagulación-floculación de aguas turbias, sólo faltaría ajustar las variables de estudio como desengrasarlas, ajustar el pH, la etapa de madurez de los frutos, etc.

CONCLUSIONES

- Las semillas de durazno y palta son capaces de remover la turbiedad de una muestra de agua procedente del río Santa-Chimbote.
- La semilla de durazno reduce la turbidez del agua del río Santa, en un 92.95%; a una concentración de 15 gr/L, un pH de 6.4 y concentración de sólidos solubles de 2070 (mg/L).
- La semilla de palta alcanza un 48.92% en la reducción de la turbidez del agua del río Santa, a una concentración de 5 gr/L., pH de 6.6 y sólidos solubles de 4220 (mg/L).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E.** 2010. Utilización de las semillas de tara como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Aguilar, M.** 2002. Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación. [En línea] Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones, [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?isbn=848371308X> ISBN: 9788483713082
- Andía, Y.** 2000. Tratamiento De Agua: Coagulación y Floculación. [en línea] Lima: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima-Sedapal. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2017]. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- Carrasquero et al.** 2015. Eficiencia de las semillas de durazno (*Prunus persica*) como coagulante en la potabilización de aguas. 3, Maracaibo: Fondo Editorial Serbiluz, Vol. 49. ISSN: 24779458.
- Cayotopa, L. & K. Rodríguez.** 2011. Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de *Moringa oleifera* como coagulante para el tratamiento de aguas del río Santa, Trujillo. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo.
- De Sousa, C.; A. Correia & M. Colmenares.** 2010. Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. Bol. Mal. Salud Amb. 50(2):187-196.
- Guzmán et al.** 2015. Polvo de semilla *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. 2, Cartagena: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 13.
- Guzmán, I.; A. Villabona; C. Tejada & R. García.** 2013. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 16(1):253 – 262.
- Lédo G.; F. Lima; A. Paulo & A. Duarte.** 2009. Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de moringa oleifera para la depuración de aguas con baja turbiedad. Inf. Tecnol 20(5):3-12.
- López, Y. et al.** 2008. Eficiencia de las semillas de *Leucaena leucocephala* y *Albizia lebbbeck* en el proceso de coagulación del agua. Bol. Centro Invest. Biol. 42(1):1-20.
- Marín, R.** 2003. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. 2º edic. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. Disponible en: <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf>
- Martínez J. & L. Gonzalez.** 2012. Evaluación del poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. Tesis. Universidad de Cartagena. Colombia.
- Mejías, D.; M. Delgado; M. Más; R. Chacín & N. Fernández.** 2010. Uso potencial del exudado gomoso de *Cedrela odorata* como agente coagulante para el tratamiento de las aguas destinadas a consumo humano. Revista Forestal Venezolana 54(2):147-153.
- Sagasteguiana* 5(1): Enero – Junio, 2017

- Miller, M.; J. Fugate; V. Craver; J. Smith & J. Zimmerman.** 2008. Toward understanding the efficacy and mechanism *Opuntia spp.* As a natural coagulant for potential application in water treatment. Environ. Sci. Technol. 42, 4274-4279.
- Ministerio de Agricultura y Riego.** 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Autoridad Nacional del Agua. Lima-Perú
- Okuda, T.; A. Baes; W. Nishijima & M. Okada.** 2001. Coagulation mechanism of salt solution-extracted active component in *Moringa oleifera* seeds. Wat. Res. 35(3):830-834.
- Quispe, H.** 2012. Aplicación del mucílago extraído de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la clarificación del agua del río Uchusuma. Tesis. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna.
- Olaeta J.; M. Schwartz; P. Undurraga & S. Contreras.** 2007. Utilización de la semilla de palta (*Persea americana* Mill.) cv. hass como producto agroindustrial. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) Viña Del Mar, Chile.
- Pritchard, M.; T. Mkandawire; A. Edmondson; J. O'Neill & G. Kululanga.** 2009. Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. Phys. Chem. Earth. 34:799-805.
- Ramírez, H. & J. Jaramillo.** 2014. Uso potencial de agentes clarificantes y *desinfectantes* de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos. Ingeniería Solidaria, 10 (17): 139-151.
- Ruiz, F.** 2015. Modelo y Manual de Operación para la Prueba de Tratabilidad De Filtración. Tesis. Universidad Nacional Autónoma De México.
- Solís, R.; Laines J. & J. Hernandez.** 2012. Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. Rev. Int. Contam. Ambient. 28(3): 229-236
- Valderrama, J. & G. Barraza.** 2006. Efecto del pH y concentración de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la clarificación del jugo de caña (*Saccharum officinarum*). Pueblo cont. 17(1): 27-32
- Vásquez, L.** 2013. Remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas (*Eritrina americana*, *Quercus ilex*, *Acacia farnesiana*, *Viscum album* y *Senna candolleana*). Oaxaca: Naturaleza y Desarrollo. Vol. 11.