

Comparison of efficiency in the removal of turbidity in surface waters of the Mashcón river through the dosage of *Solanum tuberosum* starch, *Salvia hispanica* mucilages and *Opuntia ficus-indica* in the province of Cajamarca, 2022

Jyhordan Michael Herrera-Bustamante¹, Giancarlo Sanchez-Trujillo², Julián Díaz-Ruiz, Mg Sc³, Marilú Calderón-Celis, Ph D,⁴.

¹Universidad Privada del Norte. Perú. michael_1499@hotmail.com, N00183229@upn.pe

²Universidad Privada del Norte. Perú. forevergiancarlo@gmail.com, N00171784@upn.pe

³Universidad Privada del Norte. Perú. julian.diaz@upn.edu.pe

⁴Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, calderonmarilu@gmail.com

Abstract: This article is a comparison of the surface water treatment of the Mashcón River in the Province of Cajamarca, 2022, with the biocoagulants starch *Solanum tuberosum*, mucilages of *Salvia hispanica* and *Opuntia ficus-indica*, with the aim of reducing turbidity. , applying the following method: the jar test, the same one that was operated at 100 RPM at high speed for 1 minute and at 40 RPM for 3 minutes at low speed, with which the following results were obtained, *Solanum tuberosum* starch, was obtained a removal of 97 %, with the *Salvia hispanica* 97 % and finally with the *Opuntia ficus-indica* we obtained a removal of 98 % reaching a final turbidity of 4.9 NTU that according to the supreme decree N° 004-2017-MINAN of the Peruvian laws , is found in the value within the ECA (5 NTU) as the allowed value for drinking water, it is concluded that the three biochemicals have good efficiency in the removal of turbidity, being the *Opuntia ficus-indica* who achieves the highest percentage of turbidity removal that makes this mucilage viable in future uses in water treatment.

Key words: Turbidity, biocoagulants, *Solanum tuberosum*, *salvia hispanica* and *opuntia ficus-indica* mucilage.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.197>
ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Comparativa de eficiencia en la remoción de turbidez en aguas superficiales del río Mashcón mediante la dosificación de almidón de *Solanum tuberosum*, mucílagos de *Salvia hispanica* y *Opuntia ficus-indica* en la provincia de Cajamarca, 2022

Jyhordan Michael Herrera-Bustamante¹, Giancarlo Sanchez-Trujillo², Julián Díaz-Ruiz, Mg Sc³, Marilú Calderón-Celis, Ph D,⁴.

¹Universidad Privada del Norte. Perú. michael_1499@hotmail.com, N00183229@upn.pe

²Universidad Privada del Norte. Perú. forevergiancarlo@gmail.com, N00171784@upn.pe

³Universidad Privada del Norte. Perú. julian.diaz@upn.edu.pe

⁴Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, calderonmarilu@gmail.com

Resumen: El presente artículo es una comparativa del tratamiento de aguas superficiales del río Mashcón de la Provincia de Cajamarca, 2022, con los biocoagulantes almidón de *Solanum tuberosum*, mucílagos de *Salvia hispanica* y *Opuntia ficus-indica*, con el objetivo de reducir la turbidez, aplicando el siguiente método: del test de jarras, el mismo que se operó a 100 RPM en velocidad alta por 1 minuto y 40 RPM por 3 minutos como velocidad baja, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados, almidón de *Solanum tuberosum*, obtuvimos una remoción del 97 %, con la *Salvia hispanica* 97 % y finalmente con la *Opuntia ficus-indica* obtuvimos una remoción del 98 % llegando a una turbidez final de 4.9 NTU el cual según el decreto supremo N° 004-2017-MINAN de las leyes Peruanas, está en el valor dentro del ECA (5 NTU) como valor permitido para agua de uso potable, por lo tanto se concluye que los tres biocoagulantes tienen buena eficiencia en la remoción de turbidez, siendo la *Opuntia ficus-indica* quien logra el mayor porcentaje de remoción de turbidez lo cual hace viable este mucílago en futuros usos en tratamiento de aguas.

Palabras claves: Turbidez, biocoagulantes, *Solanum tuberosum*, mucílagos de *Salvia hispanica* y *Opuntia ficus-indica*.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso básico que todos los seres vivos necesitan para sobrevivir, y de toda el agua en la tierra, solo una pequeña fracción está disponible para los humanos, si bien este recurso se utiliza para una variedad de actividades, es por ello que es indispensable aplicar un tratamiento desde la fuente de la que se extrae, con fines de mejorar la calidad del agua [1].

Así mismo, existen muchas razones que provocan turbidez en el agua, las cuales muchas veces están relacionadas por contaminación de actividades mineras, aguas residuales urbanas, el uso de plaguicidas en actividades agrícolas y

efluentes de actividades industriales, así mismo también existen causas naturales, como la erosión de la superficie o el borde de los ríos, todo ello genera materia orgánica e inorgánica en suspensión, originando aguas turbias [2]. Es por ello, que el uso de coagulantes químicos implica altos costos de adquisición, genera grandes cantidades de lodos y cambios en el pH del agua tratada, por lo que existe la necesidad de encontrar alternativas como los coagulantes naturales, ya que son menos tóxicos, para los seres humanos y para el medio ambiente [3]. Sin embargo, la mayoría de las empresas de gestión de agua del mundo utilizan sulfato de aluminio como floculante en el tratamiento de los suministros de agua, no obstante, el aluminio es un elemento extremadamente dañino para las células cerebrales, puesto que desregula la homeostasis de hierro, causando así el agotamiento de los microtúbulos, lo cual se traduce en una desconexión parcial o total de aferentes y eferentes neuronales, produciendo una pérdida gradual de la memoria que pudiese desencadenar una neurotoxicidad por aluminio, ocasionando así la enfermedad de Alzheimer [4]. Ya que el aluminio es considerado elemento extremadamente proinflamatorio, patológico y genotóxico que es particularmente dañino para la función homeostática de las células cerebrales, especialmente a nivel de las actividades citoplasmáticas [5].

No obstante, la presencia de aluminio en aguas tratadas hoy en día puede ser una de las principales vías de ingesta de este elemento, es por ello que es importante considerar otras alternativas que puedan reducir cada vez más el uso de químicos nocivos para la salud humana [6].

Por lo expuesto anteriormente esta investigación está orientada a evaluar la eficiencia del almidón de *Solanum tuberosum*, y los mucílagos de *Salvia hispanica* y *Opuntia ficus-indica*, en la remoción de turbidez de las aguas del río Mashcón.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.197>
ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

II. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se va a realizar es Experimental. Según [7], menciona en sus escritos de “Métodos de investigación”, haciendo referencia a un diseño experimental de este estudio en el que se controlan deliberadamente una o más variables independientes, donde se supone que el multiplicador analiza los efectos putativos (la variable dependiente), de tal modo el investigador procesa las variables independientes y averigua si los cambios dependientes cambian.

Población y muestra

Población

Son los elementos disponibles o unidades de análisis que pertenece a un área especial de un lugar de estudio [8]. En la presente investigación la población usada para las pruebas fue el agua del río Mashcón, que tiene un caudal de 80 L/s, en época de estiaje, siendo uno de los ríos que sus aguas son usadas para riego y bebida de animales.

Muestra

La muestra es la parte representativa de la población, con las mismas características generales [9]. En la presente investigación la muestra estuvo conformada por 80 litros de agua, los cuales fueron tomados de dos puntos del curso medio del río Mashcón para formar un composito, el cual se usó para realizar las pruebas con los biocoagulantes. Se usaron 40 litros entre pruebas de tipo exploratoria y las pruebas finales, quedando 40 litros como contramuestra.

Unidad de análisis

El análisis consiste en una síntesis de las propiedades, así como las características de cada parte del todo [10]. En la presente investigación la unidad de análisis estuvo conformada por 1 litro de muestra, la cual se usó para hacer las pruebas con los tres biocoagulantes.

Materiales

Los biocoagulantes usados fueron el almidón de la papa, el cual se preparó a partir de ella, para su obtención se procedió a pesar un kilo de papa, se peló y dejó remojando en agua por una hora, luego de ello se procedió a sacar el almidón formado, este luego de secarse dio un peso de 98 gramos por cada kilogramo. Para la chíya y la tuna se procedió a sacar su mucílago y luego de eliminar la humedad por medio de un secado se procedió a usarlo.

Procedimiento experimental

- 1.- Luego de obtener los mucílago se precedió a pesarlos y se preparó para cada uno una solución con 200 ppm de concentración.
- 2.- Se tomó un litro de muestra y se colocó en el test de jarras a una velocidad de agitación de 100 RPM, seguidamente se le agregó los biocoagulantes en volúmenes de 0.25, 0.5, 0.75 mL durante un minuto.



Figura 1: Muestra usada para la prueba experimental.



Figura 2: Test de jarras usado para la prueba experimental.

- 3.- Luego de tener los mucílago en la muestra por un minuto se procedió a bajar las revoluciones a 40 RPM, durante 3 minutos luego de ello se procedió al paso siguiente.

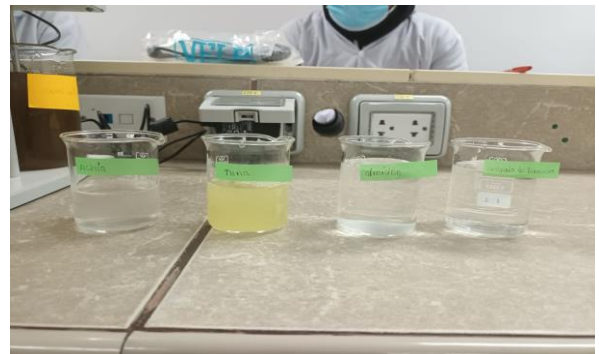


Figura 3: Coagulantes usados para las pruebas experimentales.

4.- Se vertió las muestras de un litro a los conos de sedimentación en intervalos de tiempo de (5,10,15,20,25) minutos, luego se tomaron muestras para su envío al laboratorio.



Figura 4: Conos con muestras sedimentando.

5.- Se lleno la cadena de custodia y se llevó las muestras al laboratorio S.G.S para su respectivo análisis.



Figura 5: Muestras enviadas a laboratorio S.G.S.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados, obtenidos en el laboratorio, de las propiedades fisicoquímicas (pH y turbidez), del compuesto formado para la muestra CABEZA, del agua extraída del río Mashcón, antes del tratamiento con el almidón y los mucílagos.

Tabla 1.

Determinación de parámetros fisicoquímicos del compuesto.

Parámetro	Muestra CABEZA
Volumen (mL)	1000
pH	7.4
Turbidez (NTU)	223

Nota. Esta data fue obtenida del muestreo que se realizó (pretratamiento), donde se resaltan los parámetros antes mencionados, provenientes del compuesto formado por los dos puntos de muestreo en el río Mashcón.

Tabla 2.

Turbidez de la muestra, al tratarla con una dosis de 0.25 mL de mucílago de Salvia hispanica.

Tiempo de agitación (minutos)	Turbidez (NTU)
0	223
5	39
10	31.9
15	30.7
20	24.7
25	6.6

Nota. Esta tabla muestra los resultados luego de realizar el tratamiento de las aguas del río, con dosis de 0.25 mL de mucílago de *Salvia hispanica* en diferentes, tiempos de agitación.

Tabla 3.

Turbidez de la muestra, al tratarla con una dosis de 0.25 mL de mucílago de Opuntia ficus-indica.

Tiempo de agitación (minutos)	Turbidez (NTU)
0	223
5	30.1
10	26.3
15	24.4
20	17.9
25	4.9

Nota. Esta tabla muestra los resultados luego de realizar el tratamiento de las aguas del río, con dosis de 0.25 mL de mucílago *Opuntia ficus-indica* en diferentes, tiempos de agitación.

Tabla 4.

Turbidez de la muestra, al tratarla con una dosis de 0.25 mL de almidón de Solanum tuberosum.

Tiempo de agitación (minutos)	Turbidez (NTU)
0	223
5	26.2
10	25.2
15	25.1
20	23.8
25	6.7

Nota. Esta tabla muestra los resultados luego de realizar el tratamiento de las aguas del río, con dosis de 0.25 mL de mucílago de *Solanum tuberosum* en diferentes, tiempos de agitación.

De los datos mostrados podemos obtener los siguientes gráficos que se presentan a continuación:

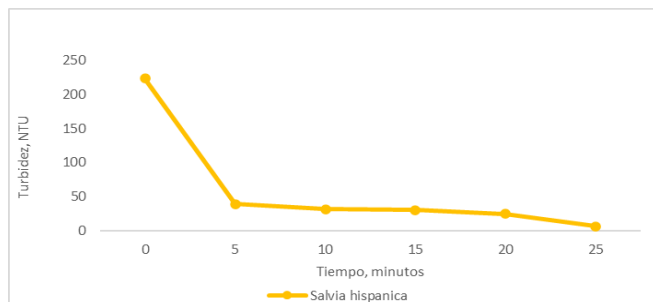


Figura 6: Disminución de la turbidez con el mucílago de Salvia hispanica.

En la figura 6 podemos notar la disminución de la turbidez usando la *Salvia hispanica*, la misma que nos muestra en los primeros 5 minutos que esta cae en forma vertiginosa pero luego de 10 minutos esta cae más lentamente hasta llegar a un valor de 6.6 NTU lo que muestra la gran diferencia de la turbidez inicial y final.

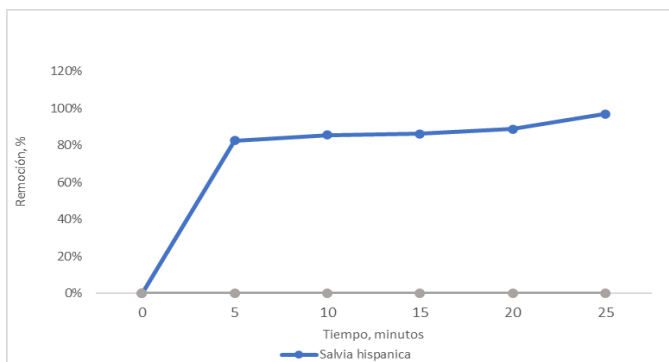


Figura 7: Porcentaje de remoción de la turbidez con el mucílago de Salvia hispanica.

En la figura 7 se muestra el porcentaje de remoción de la turbidez que produce la *Salvia hispanica*, el cual es bien notoria en los primeros 5 minutos de reposo y a partir de los 10 minutos se hace un poco constante hasta llegar a un máximo de 97 % de remoción de la misma.

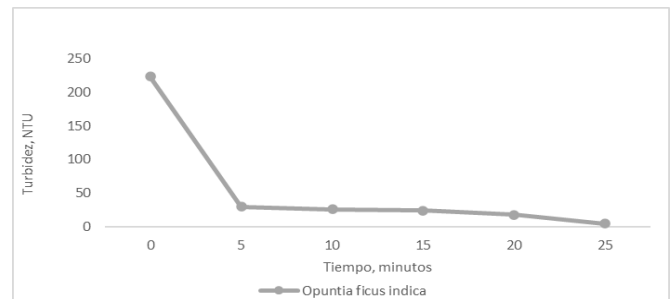


Figura 8: Disminución de la turbidez con el mucílago de Opuntia ficus-indica.

En la figura 8 podemos notar la disminución de la turbidez usando la *Opuntia ficus-indica*, la misma que nos muestra como en los primeros 5 minutos que esta cae en forma vertiginosa pero luego de 10 minutos esta cae más lentamente hasta llegar a un valor de 4.9 NTU lo que muestra la gran diferencia de la turbidez inicial y final.

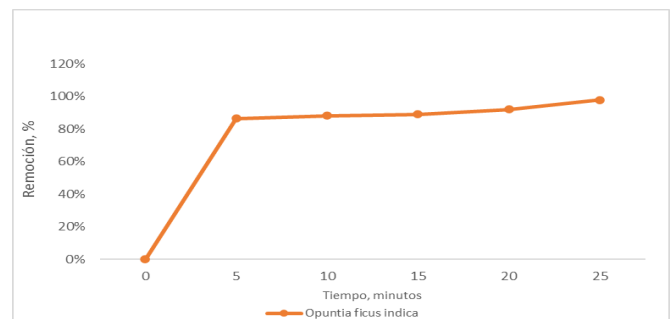


Figura 9: Porcentaje de remoción de la turbidez con el mucílago de Opuntia ficus-indica.

En la figura 9 se muestra el porcentaje de remoción de la turbidez que produce la *Opuntia ficus-indica*, el cual es bien notoria en los primeros 5 minutos de reposo y a partir de los 10 minutos se hace un poco constante hasta llegar a un máximo de 98 % de remoción de la misma.

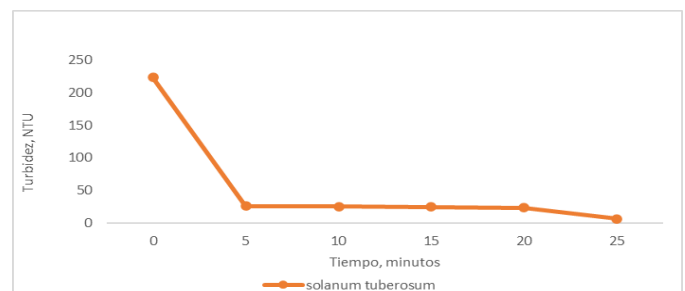


Figura 10: Disminución de la turbidez con el almidón de Solanum tuberosum.

En la figura 10 podemos notar la disminución de la turbidez usando la *Solanum tuberosum*, la misma que nos muestra como en los primeros 5 minutos esta cae en forma vertiginosa pero luego de 10 minutos esta cae más lentamente hasta llegar a un valor de 6.7 NTU lo que muestra la gran diferencia de la turbidez inicial y final.

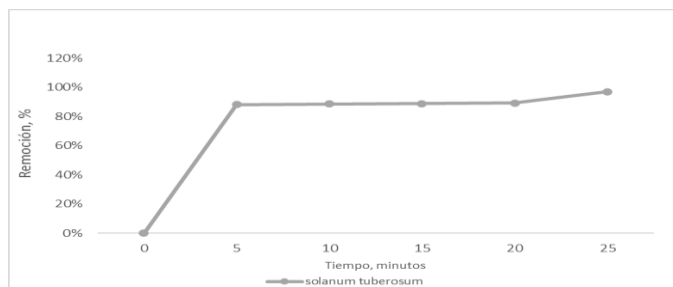


Figura 11: Porcentaje de remoción de la turbidez con el almidón de *Solanum tuberosum*.

En la figura 11 se muestra el porcentaje de remoción de la turbidez que produce la *Solanum tuberosum*, el cual es bien notoria en los primeros 5 minutos de reposo y a partir de los 10 minutos se hace un poco constataste hasta llegar a un máximo de 97 % de remoción de la misma.

Del análisis de las gráficas podemos indicar que la que tuvo mejor porcentaje de remoción fue la *Opuntia ficus-indica*, obteniendo de ella un porcentaje de remoción del 98 % superando en 1 % a la *Salvia hispanica* y la *Solanum tuberosum*.

Luego para la dosis de 0.1 mg/L los porcentajes de remoción para la *Salvia hispanica* es 88 %, para la *Opuntia ficus-indica* fue de 86 % y por último para la *Solanum tuberosum* fue de 89 %.

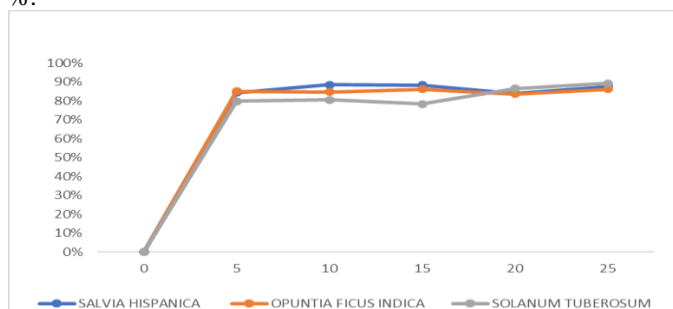


Figura 12: Porcentaje de remoción de la turbidez de los tres biocoagulantes, con dosis de 0.1 mg/L.

Por último para la dosis de 0.15 mg/L los porcentajes de remoción para la *Salvia hispanica* es 89 %, para el *Opuntia ficus-indica* fue de 85 % y por último para la *Solanum tuberosum* fue de 88 %.

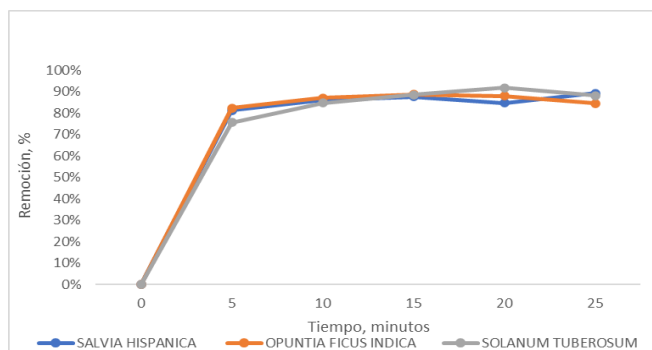


Figura 13: Porcentaje de remoción de la turbidez de los tres biocoagulantes, con dosis de 0.15 mg/L.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Según es el estudio de [11] la remoción de la turbidez lograda indica que tuvo un porcentaje de eficiencia del 93.31 % de remoción partiendo de una turbiedad de 8.52 NTU y una dosis óptima de 50 ml/L del coagulante *Solanum tuberosum*, este estudio confirma la eficiencia de nuestras pruebas ya que se consiguió una remoción del 97 % con una dosis óptima de 0.05 mg/L del mismo coagulante *Solanum tuberosum*.

También en otro estudio de [12] reporta una remoción de 81.32 % con una dosis óptima de 10 mg/L de *Solanum tuberosum*, en comparación con nuestros resultados obtuvimos 97 % de eficiencia de remoción y con una dosis de 0.05 mg/L de *Solanum tuberosum*, por lo que este estudio también apoya nuestros hallazgos ya que demostramos que este coagulante es efectivo para la remoción de turbidez en aguas de ríos.

Del mismo modo, en el trabajo de [13] de que la remoción de la turbidez de 80.19 % con una dosis óptima de 25 mg/ L, por lo que este estudio también apoya nuestro trabajo de investigación donde obtuvimos una remoción de 97 % con una dosis óptima de 0.05 mg/ L de *Solanum tuberosum*.

Por otro lado, en la evaluación del mucílago de *Opuntia ficus-indica*, tenemos a [14] quien en su trabajo de investigación usando la *Opuntia ficus-indica* logró obtener una remoción de turbidez de 83.8 % en un tiempo de sedimentación de 30 minutos con una dosis óptima de 90 mg/L, en nuestro caso con el mismo mucílago obtuvimos una remoción de turbidez del 98 % con una dosis óptima de 220 mg/L, en un tiempo de 25 minutos de sedimentación, lo que demuestra la efectividad de este mucílago para la remoción de turbidez.

De la misma manera, tomando en cuenta el trabajo de [15] el cual llega a la conclusión de que la remoción de turbidez está en un rango de 86 % a 88.9 % con un máximo de dosificación de 50 mg/L de *Opuntia ficus-indica*, este trabajo también

apoya nuestros resultados ya que se obtuvo un 98 % de remoción de turbidez, en un tiempo de 25 minutos de sedimentación a una dosificación de 220 mg/L de mucílago.

Así mismo, en el trabajo de [16] concluye que usando *Salvia hispanica* se obtiene una remoción del 97.63 %, del mismo modo en nuestro trabajo de investigación obtuvimos una remoción del 97 % con lo cual demostramos que este mucílago es eficiente en la remoción de la turbidez de aguas de río.

Finalmente, en los estudios de [17] y [18], hacen mención que usar biocoagulantes en el tratamiento de turbidez en aguas genera un impacto positivo puesto que son biodegradables y no afectan al ambiente ni a la salud de las personas, por lo que este trabajo también apoya dichas conclusiones es por ello que los coagulantes naturales deberían ser más empleados ya que tienen buen rendimiento y sobre todo el costo es bajo.

Conclusiones

Luego de realizar nuestro trabajo de investigación podemos concluir lo siguiente:

Los biocoagulantes de *Salvia hispanica*, *Opuntia ficus-indica* y *Solanum tuberosum*, mostraron ser eficientes en la remoción de turbidez con porcentajes de 97 %, 98 % y 97 % respectivamente, así mismo la dosis óptima fue de 0.25 ml/L.

El biocoagulante que ofreció mayor porcentaje de remoción fue el mucílago de *Opuntia ficus-indica* quien demostró tener una remoción del 98 % en comparación con los otros 2 biocoagulantes, lo cual podemos afirmar en función de los resultados.

Finalmente, concluimos que el mejor biocoagulante es el mucílago de *Opuntia ficus-indica*, ya que el valor de turbidez obtenido por este mucílago fue de 4.9 NTU a partir de una turbidez inicial de 223 NTU, lo que deja a esta agua dentro de los ECAS peruanos, siendo el mismo de 5 NTU para ser potabilizada, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN, por consiguiente el uso de biocoagulantes genera un impacto positivo puesto que no afectan al ambiente ni a la salud de las personas, y sobre todo presentan un buen porcentaje de remoción en el tratamiento de turbidez y su costo es bajo.

V.REFERENCIAS

- [1] Caso, GM, Quispe KA, Deudor LL, Hinostroza SD. "Application of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún lagoon – Perú," *Universidad Continental*, pp. 2-3, 2021.
- [2] INEI, "Estadísticas ambientales", técnico, 2019.
- [3] Carrasquero S, Montiel S, Faría P, Parra P, Marín J, Díaz A. "Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas," *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 13, Art. N° 2, feb. 2017, doi: 10.18359/rfcb.1941.
- [4] Walton JR. Chronic aluminum intake causes Alzheimer's disease: applying Sir Austin Bradford Hill's causality criteria. *J Alzheimers Dis* 2014; 40(4): 765-838.
- [5] Bondy SC. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration. *Neurotoxicology* 2016; 52: 222-9
- [6] Matías CA, López S, Matías D, García IA "El aluminio empleado en el tratamiento de aguas residuales y su posible relación con enfermedad de Alzheimer". *Journal*. 2018;3 (2): 139-143
- [7] Hernandez R, Fernández C, Baptista DP. "Metodología de la investigación," sexta edición, 2014, pp. 92-93.
- [8] Otzen T, Manterola C. "Técnicas de muestreo sobre una población de estudio," *Int.J.Morphol*, pp. 227-232, 2017.
- [9] Condori P., "Universo, población y muestra". Curso Taller. 2020
- [10] Pérez AO, Rodríguez A, "Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento", núm. 82, 2017, pp. 1-26.
- [11] Moreno G, Ortega K, Valerio L, Camargo S. "Aplicación del almidón de *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural en el tratamiento del agua de la laguna Punrún – Perú," 2021.
- [12] Camacho H, Campos D, Mercado I, Cubillán N, Castellar G. "Uso de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum* L) en la clarificación del agua de la Ciénaga de Malambo," 2019.
- [13] Huaranga J, Vilcarano D. "Efectividad del coagulante obtenido de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) en la turbidez para la potabilización del agua," 2019
- [14] Álvarez N, Ccahua S. "Remoción de turbidez usando biocoagulantes *echinopsis peruviana* y *Opuntia ficus-indica*" en muestras con suelo del río Tucui, santo Tomás," 2021.
- [15] Silva MN. "Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias," 2017
- [16] Minaya O. "Eficacia de los coagulantes *Linum usitatissimum* y *Salvia hispanica* en la remoción de sedimentos de las aguas residuales de la avícola San Fernando S. A. C. para el uso de riego categoría3," 2018.
- [17] Arenas, E. "Efecto de la remoción del aceite de las semillas de *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas por coagulación-floculación", 2019.
- [18] Sifuentes, J. "Evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la remoción de la turbidez de una solución modelo", 2019.