

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

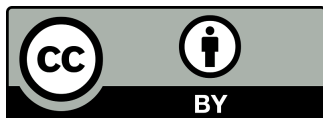
Application of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún lagoon – Perú

Gabriela Moreno Caso
Kevin Abner Ortega Quispe
Lady Luz Valerio Deudor

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Application of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún lagoon – Perú

Gabriela Moreno Caso, Bachelor¹, Kevin Abner Ortega Quispe, Bachelor¹, Lady Luz Valerio Deudor, Bachelor¹ and Steve Dann Camargo Hinostroza, Magister¹

¹Universidad Continental, Huancayo, 70197051@continental.edu.pe, 46754383@continental.edu.pe, 72289356@continental.edu.pe, scamargo@continental.edu.pe

Abstract– Water as a natural resource must be evaluated in its different properties, considering that it is an indispensable resource for human development and for all living beings that require it, however, the technologies that are currently used to treat this resource imply the generation of impacts. additional negatives, so it is necessary to search for alternatives for water treatment based on the use of natural coagulants, especially if the water to be treated is intended for human consumption, therefore the objective of this research work is to analyze the application of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún Lagoon. For its development, the methodology of Tito and Chama was used, which includes the processes of acquisition, washing, cutting, grinding, filtering, drying, and sieving to obtain potato starch as a natural coagulant, in addition to the jar test to determine the dose optimal coagulant. The water samples were extracted from 3 pre-established points on the Punrún lagoon for their initial measurement, the analysis of the behavior of the application of the coagulant was measured through three parameters: turbidity, concentration of metals (lead) and pH, performed 4 treatments using doses of 25; 50; 75 and 100 mg/L of natural coagulant and a control treatment, each with three repetitions. Initial results were obtained for the control or control of 8.52 NTU of turbidity, 0.012 mg/L of lead and 8.20 of pH, which after treatment with the potato coagulant it was possible to reduce to a maximum of 0.55 NTU of turbidity represented by 93.31 % of removal, 0.005 mg/L of Lead with 58.33 % of removal and maintaining the pH at 8.19 and 8.21 with an optimal dose of 50 mg/L of the natural coagulant, likewise all the results of all the treatments yielded values that comply with the current national regulations on water for human consumption and the standard of environmental quality for water (ECA Water), verifying its non-exceedance. Therefore, the positive influence of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the treatment of water intended for human consumption is concluded, being an ideal alternative to inorganic coagulants to be used in surrounding rural areas where there is no previous treatment of the water.

Key words: Natural Coagulant, Potato starch, Turbidity, Lead Concentration, pH.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.653>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Aplicación del almidón de *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural en el tratamiento del agua de la laguna Punrún - Perú

Gabriela Moreno Caso, Bachiller¹, Kevin Abner Ortega Quispe, Bachiller¹, Lady Luz Valerio Deudor, Bachiller¹ and Steve Dann Camargo Hinostroza, Magister²

¹Universidad Continental, Huancayo, 70197051@continental.edu.pe, 46754383@continental.edu.pe, 72289356@continental.edu.pe, scamargo@continental.edu.pe

Resumen– Las tecnologías que se utilizan en la actualidad para tratar el recurso hídrico implican la generación de impactos negativos sobre el ambiente, por lo que es necesario la búsqueda de alternativas para el tratamiento del agua basada en el empleo de coagulantes naturales, sobre todo si el agua a tratar es destinada para consumo humano, por ello el objetivo de este trabajo de investigación es analizar la aplicación del almidón de *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural en el tratamiento del agua de la Laguna Punrún. Para su desarrollo se empleó la metodología de Ttito y Chama que incluye los procesos de adquisición, lavado, corte, molienda, filtrado, secado y tamizado para la obtención del almidón de papa como coagulante natural, además de la prueba de jarras para determinar la dosis óptima del coagulante. Las muestras de agua fueron extraídas de 3 puntos preestablecidos sobre la laguna Punrún para su medición inicial, el análisis del comportamiento de la aplicación del coagulante se midió a través de tres parámetros: turbiedad, concentración de metal (plomo) y pH, para ello se realizaron 4 tratamientos empleando dosis de 25; 50; 75 y 100 mg/L de coagulante natural y un tratamiento de control, cada uno con tres repeticiones. Se obtuvieron resultados iniciales para el control de 8.52 UNT de turbiedad, 0.012 mg/L de plomo y 8.20 de pH, los cuales después del tratamiento con el coagulante de papa se logró reducir hasta un máximo de 0.55 UNT de turbiedad representado un 93.31 % de remoción, 0.005 mg/L de Plomo con un 58.33 % de remoción y mantener en 8.19 y 8.21 el pH con una dosis óptima de 50 mg/L del coagulante natural, así mismo todos los resultados arrojaron valores que cumplen con la normativa vigente nacional de agua para consumo humano y el estándar de calidad ambiental para agua (ECA Agua), verificándose su no excedencia. Por ello se concluye la influencia positiva del almidón de *Solanum tuberosum* como coagulante natural en el tratamiento del agua, siendo una alternativa ideal a los coagulantes inorgánicos para el tratamiento del agua con fines de consumo de humano.

Palabras clave -- Coagulante Natural, Almidón de papa, Turbiedad, Concentración de Plomo, pH.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital, siendo este requerido por todo organismo vivo para su supervivencia; de toda el agua existente en el mundo solo una pequeña proporción es accesible para el uso humano [1]. Si bien este recurso es utilizado en diversas actividades, incluido el consumo humano, es indispensable aplicar un tratamiento desde la fuente de la que se extrae con fines de mejorar la calidad del agua. Esta etapa es importante debido a que permite la remoción de materiales en condición coloidal, el cual abarca las fases de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección [2]. Dentro de las muchas tecnologías para la purificación del agua se tienen a la electrocoagulación mediante el empleo de electrodos, también se presenta la filtración con medios granulares como el carbón activado o filtración por tejidos, sin embargo, existen tecnologías amigables con el ambiente poco usados, entre ellos se conoce el uso de la *Moringa oleifera* como filtro potabilizador ecológico y como coagulante natural en el tratamiento del agua. [3]

La coagulación se basa en la adición de sustancias químicas llamadas coagulantes, estas sustancias compensarán los coloides e inducirán la mezcla entre estos, formando así flóculos que son bastante grandes e inertes, siendo eliminados por sedimentación o caso contrario por filtración proceso que permite la clarificación notable en el agua, precipitando además organismos patógenos [4]. Las sales de aluminio y hierro, en la actualidad son los coagulantes más usados, conocidos y eficaces en el tratamiento del agua, pero representan un costo elevado cuando no se aplican de manera adecuada, además se descubrió que la exposición al aluminio, causa un riesgo para la

salud generando enfermedades como el Alzheimer, desarrollando la necesidad de reducir la concentración de estos coagulantes inorgánicos para el tratamiento del agua [5]. El empleo de coagulantes inorgánicos genera elevados costos en su adquisición, además originan mayores cantidades acumuladas de lodos y variación del pH en el agua tratada [6], produciendo alteración en el recurso, perjuicios en el ser humano y el ambiente.

Por lo anterior, la búsqueda de alternativas para el tratamiento del agua, basada en el empleo de coagulantes de origen natural para el procedimiento de clarificación, en especial en la fase de coagulación, se presume necesaria, aún más si el agua a tratar será destinada para el consumo y otras actividades humanas, siendo requerida la eliminación de impurezas (en especial partículas en suspensión y coloides) buscando que estos agregados se asienten rápidamente y puedan ser separados del agua con mayor facilidad [7]. De hecho, se está considerando como uno de los tratamientos más simples, rentables y eficientes pudiendo acelerar de manera rápida la eliminación de impurezas suspendidas en el agua. En la actualidad y después de años de investigación, desarrollo y avance tecnológico, la coagulación sigue siendo uno de los procesos de tratamiento más importantes para la eliminación de esas impurezas en las plantas de tratamiento de agua a nivel mundial [8]. El creciente avance y manejo de coagulantes naturales, producidos mediante la extracción de microorganismos, tejido de plantas o animales, presentan grandes ventajas donde se destaca el que no afecta a la salud humana y a la vez son biodegradables, también genera menor volumen de lodos, originando entre el 20 a 30% en menor proporción a lo que se genera por empleo de coagulantes inorgánicos como el alumbre [9], además se resalta sus propiedades antimicrobianas, llegando a reducir o eliminar el contenido de los microorganismos patógenos capaces de causar enfermedades [10]. Así mismo la revisión bibliográfica sobre el uso de coagulantes naturales en el proceso de clarificación del agua, muestra que los coagulantes pueden ser clasificados en extractos vegetales (*Opuntia ficus-indica*, *Moringa oleífera*, *Ipomoea incarnata* y *Cassia fistula*), almidones (plátano, papa y maíz) y agentes de origen animal (Quitosano), la experimentación reportó además que los coagulantes naturales en mención alcanzan porcentajes de remoción en parámetros como turbiedad y color similares a los de los coagulantes inorgánicos [11].

De lo anterior, el almidón es uno de los polímeros naturales más abundantes y de fácil disponibilidad en el mundo. Este tipo de coagulante natural tiene un efecto positivo en la eliminación de partículas coloidales aunque lo más importante es que no

cambia el pH del agua después del tratamiento y los productos generados por los lodos son atóxicos y de pequeña cantidad, a diferencia de lo generado, por ejemplo, tras la coagulación con sulfato de aluminio [12].

Por ello y considerando las condiciones económicas actuales de muchos países, es más factible utilizar coagulantes naturales para tratar el agua en el proceso de clarificación. Por lo tanto, es ideal reemplazar estos coagulantes inorgánicos por coagulantes naturales ya que los beneficios vienen siendo comprobados [13].

Por otra parte, en los últimos años, la sobreproducción de papa en el Perú se ha extendido, causando así un declive en la economía del sector agrícola, razón por la cual es viable estudiar las propiedades de este tubérculo, sirviendo como ayuda en el proceso de coagulación y logrando así reaprovechar y generar valor a este producto. Además, en las zonas rurales muchas veces no se cuenta con los recursos necesarios para acceder a las sustancias químicas para el tratamiento de la calidad del agua, convirtiéndose así en una limitante a considerar.

La laguna Punrún se ubica geográficamente en el Departamento de Pasco, a 4305 m s.n.m, en la parte central de los andes peruanos, esta laguna abastece de agua a muchos centros poblados rurales cercanos [14], sin embargo, presenta un insuficiente tratamiento previo para un uso poblacional, contando solo un proceso de desinfección convencional. Esta investigación tiene como objetivo aplicar almidón de *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural en el tratamiento del agua de la Laguna Punrún, logrando así mejorar la calidad del agua para consumo humano, para ello se realizaron pruebas a escala de laboratorio con métodos EPA (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU) y simulación por prueba de jarras para estimar la eficiencia y comportamiento del coagulante natural de *Solanum tuberosum* frente a parámetros específicos y representativos como turbiedad, metal pesado (Pb) y pH, con la finalidad de mantener estos parámetros dentro de los límites de la normativa que certifique una calidad de agua segura para el consumo humano y que permita generar un progreso en el logro de las ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) en el apartado de agua y saneamiento.

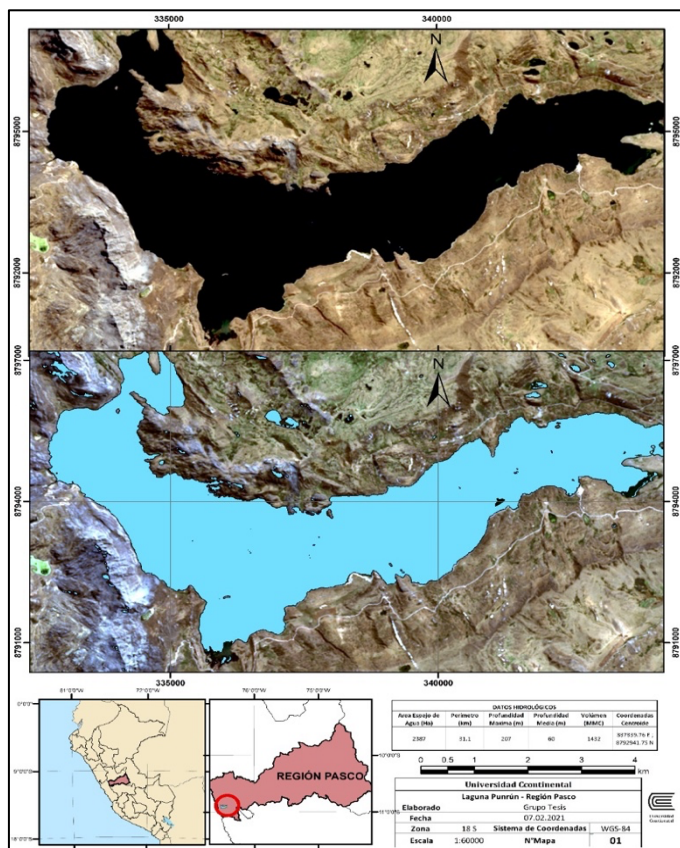


Fig. 1. Mapa de Ubicación Laguna Punrún – Pasco (Perú)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación presenta un tipo de investigación aplicada con un nivel explicativo y experimental, a su vez aplica un diseño experimental con preprueba-posprueba y grupo de control, donde las muestras de agua fueron extraídas de la laguna Punrún, a cada uno de los grupos de muestras de agua se les aplicará simultáneamente la preprueba; después los grupos reciben el tratamiento experimental con la aplicación de dosis del almidón de *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural para su tratamiento y un grupo de control al cual no se aplicará el tratamiento; a todos ellos se aplicará una posprueba, donde se podrán evidenciar resultados de la aplicación de tratamiento y observar el comportamiento de las variables involucradas las cuales son objeto de estudio.

A. Extracción del almidón de papa

La muestra de almidón que sirvió como coagulante natural se extrajo de la papa variedad Única por ser una variedad muy fácil de obtener, además de ser la más extendida a nivel internacional, permitiendo a esta investigación ser replicada en otros países, para ello se siguió la metodología adaptada de Tito [15] y Chama [16] que incluye los procesos de

adquisición, lavado, corte, molienda, filtrado, sedimentado, secado y tamizado, donde el polvo fino obtenido fue envasado en un frasco de vidrio, el cual fue enviado a laboratorio certificado por INACAL (Instituto Nacional de la Calidad).

B. Muestra de Agua

Se establecieron 3 puntos de monitoreo de agua en la Laguna Punrún, las muestras fueron extraídas en recipientes de plástico oscuro con capacidad para 3 galones cada una sobre el perímetro de la laguna, las cuales fueron mezcladas para obtener una muestra representativa de la laguna, el análisis de la muestra de agua de la Laguna Punrún se realizó en un laboratorio Certificado por INACAL (Instituto Nacional de Calidad) en los parámetros de turbiedad, metales pesados (Plomo) y pH.

El primer punto de muestreo se tomó cerca de la empresa Mar Andina dedicada a la actividad acuícola, el segundo punto se ubicó en un afluente intermedio a la laguna y el tercer punto se encontró a la salida de la laguna Punrún, con apoyo del protocolo nacional para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la ANA (Autoridad Nacional del Agua), se pudo establecer y realizar la toma muestra a una profundidad de 50 cm y 2 metros de la orilla para evitar recolectar un material flotante, también se evitaron las áreas de turbulencia y presencia de espuma superficial.

TABLA I
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

N	Puntos	Coordenadas*		Altitud (m s.n.m)	Fecha	Hora
		Este	Norte			
1	LPUN-01	0342404	8802032	4317	22/02/21	15:05 h
2	LPUN-02	0342349	8802086	4315	22/02/21	15:28 h
3	LPUN-03	0344424	8803002	4319	22/02/21	16:13 h

*Zona WGS-84 / 18S

C. Dosis de coagulante natural

Las dosis del almidón de papa como coagulante natural que se emplearon fueron de 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L y 100 mg/L, con 3 repeticiones cada una. Así también se preparó una solución patrón al 1% del almidón de papa.

D. Prueba de Jarras

Se realizaron 4 tratamientos donde se aplicaron las dosis de 25; 50; 75 y 100 mg/L de coagulante respectivamente y un tratamiento de control.

Este test o prueba de jarras, consiste en usar variaciones de dosis de coagulante experimental, en este caso el coagulante aplicado es el almidón de *Solanum tuberosum* (papa), esta se agregó sobre cada jarra de 1000 mL (en general se usan jarras o vasos de precipitado), las jarras fueron colocadas en los

agitadores, después de la aplicación de las dosis del coagulante natural en las jarras se realizó el mezclado empleado por Alvarado [17], en el cual la mezcla rápida se da a 100 rpm por

1 minuto, donde se lleva a cabo la coagulación, luego se disminuye la velocidad a 40 rpm por un tiempo más prolongado de 20 minutos conocida como mezcla lenta, que permite la formación de flóculos, después la agitación es detenida para la sedimentación de las muestras por 10 minutos. La prueba de jarras nos permitió a simular procesos unitarios de coagulación, floculación y también de sedimentación, pudiendo encontrar esa dosis ideal que nos genere la mejor calidad del agua posible de acuerdo a nuestros objetivos planteados y a un menor costo que realizarlo en otro tipo de prototipos o en experimentaciones a escala. Una vez realizada la prueba de jarras se realizó la medición de los tratamientos a las que se aplicó el coagulante natural y tratamiento de control en los parámetros de turbiedad, concentración de metales pesados (Plomo) y pH.

E. Medición de los Parámetros

Se realizó el análisis de la muestra de agua de la Laguna Punrún en un laboratorio Certificado por INACAL dentro de los siguientes parámetros:

- Turbiedad: Medición de las muestras de agua en Unidades de Turbiedad Nefelométricas (UNT) siguiendo el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23nd Ed.2017, método acreditado por INACAL, con el uso de un equipo Turbidímetro de marca VELD SCIENTIFICA modelo TB1 y número de serie 2612773, teniendo como última fecha de calibración del equipo el 08.02.2021.
- pH: Medición del grado acidez o basicidad de las muestras de agua siguiendo el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 – H+ B, 23nd Ed.2017, método acreditado por INACAL, con el uso de un potenciómetro de marca HANNA instruments, modelo HI 83141, número de serie J0072757, cuya última fecha de calibración se realizó el 09.07.2021, estando aún en vigencia.
- Metales: Concentración de Metales (Plomo), se midió la concentración del Plomo a través del método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 Pb B, 23nd Ed.2017, o también llamado Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica, acreditado por INACAL.

III. RESULTADOS

TABLA II
RESULTADOS INICIALES DE MEDICIÓN DE CONTROL DEL AGUA

REP.	PARÁMETRO	RESULTADOS CONTROL	UNIDAD
1	Turbiedad	8.520	UNT*
	Plomo	0.012	mg/L
	pH	8.200	Unidad de pH
2	Turbiedad	8.500	UNT
	Plomo	0.012	mg/L
	pH	8.200	Unidad de pH
3	Turbiedad	8.500	UNT
	Plomo	0.012	mg/L
	pH	8.200	Unidad de pH

*UNT= Unidad Nefelométrica

A. Resultados iniciales

Los resultados de medición inicial para el tratamiento de control del análisis del agua en los parámetros de turbiedad, concentración de plomo y pH, todos ellos medidos a través de métodos establecidos por INACAL a nivel de laboratorio y equipos con calibración vigente, se muestran en la TABLA II.

Se observa que el control respecto al parámetro de turbiedad presenta solo en la primera repetición un valor de 8.52 UNT, mayor a las repeticiones 2 y 3 con 8.50 UNT, para los parámetros de concentración de plomo y pH, estos se mantienen estables, el cual se observa el valor de 0.012 mg/L y 8.20 para cada repetición respectiva.

B. Resultados después de la aplicación del almidón de papa

a. Turbiedad

En la tabla III se muestra que el tratamiento de control inicial para la primera repetición es de 8.52 UNT, la segunda y tercera repetición señalan un resultado de 8.50 UNT, así mismo se observa que el T2 con 50 mg/L de coagulante natural presenta valores más bajos que los otros tratamientos, siendo estos de 0.55 a 0.58 entre las 3 repeticiones, mientras que el T4 muestra los valores finales más altos para el parámetro de turbiedad.

TABLA III
RESULTADOS DE TURBIEDAD DESPUÉS DEL EXPERIMENTO

Turbiedad Final del Agua						
Unidad: UNT						
TRATAMIENTOS	TC*	T1 (25mg/L)	T2 (50mg/L)	T3 (75mg/L)	T4 (100mg/L)	
REPETICIÓN	1	8.52	0.61	0.55	0.63	0.67
	2	8.50	0.58	0.57	0.59	0.70
	3	8.50	0.64	0.58	0.64	0.77

TC= Control

RESULTADO FINAL DE TURBIEDAD

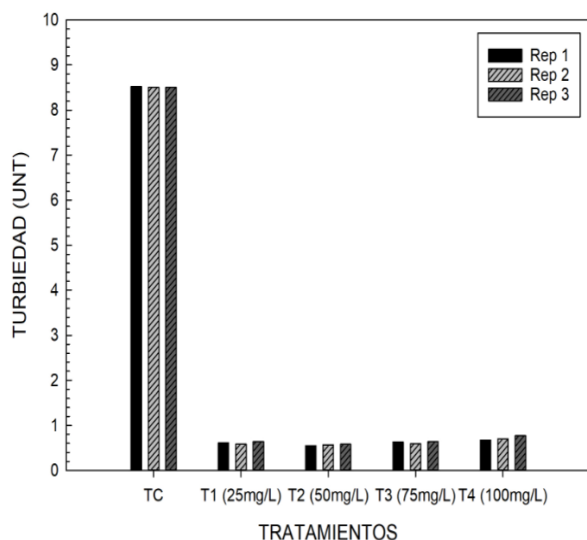


Fig. 2. Resultado Final de Turbiedad

En la comparación de medias de los tratamientos (Fig. 2) se muestra una gran reducción del grado de turbiedad en los tratamientos donde se aplicaron el coagulante natural respecto al control, así también el tratamiento T2 muestra una reducción ligeramente mayor a los tratamientos T1, T3 y T4.

Así mismo, se observa que todos los resultados de los tratamientos se encuentran por debajo del límite del ECA AGUA (Estándar de Calidad Ambiental para Agua), comprobando la efectividad de reducción de la aplicación del almidón de papa para este parámetro frente a la normativa nacional

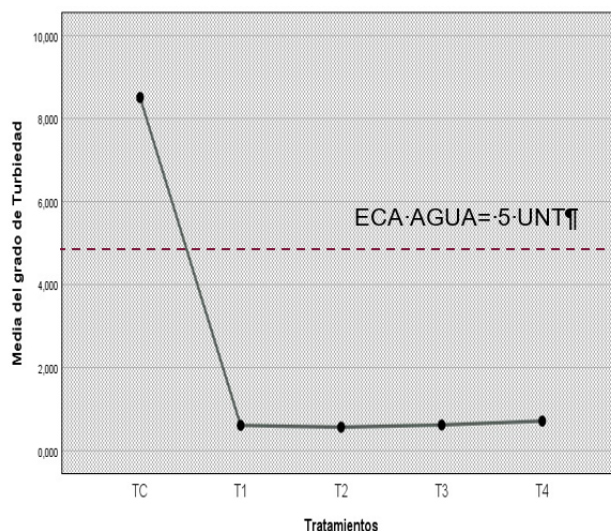


Fig. 3. Prueba de Duncan – Medias de Turbiedad

b. Concentración de Plomo

La tabla IV, muestra que el tratamiento control se mantuvo constante tras las 3 repeticiones realizadas con un valor de 0.012, así mismo el procedimiento con la prueba de jarras muestra que el T2 con 50 mg/L presenta los valores más bajos a comparación de los otros tratamientos, siendo estos entre 0.006 y 0.005 mg/L, por el contrario, los valores más altos se observan en el T1 obteniendo un valor numérico constante de concentración final de plomo de 0.010 mg/L en la muestra de agua.

TABLA IV
RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO DESPUÉS DEL EXPERIMENTO

Concentración de Plomo del Agua						
Unidad: mg/L						
TRATAMIENTOS	TC*	T1 (25mg/L)	T2 (50mg/L)	T3 (75mg/L)	T4 (100mg/L)	
REPETICIÓN	1	0.012	0.010	0.006	0.008	0.008
	2	0.012	0.010	0.006	0.007	0.008
	3	0.012	0.010	0.005	0.008	0.007

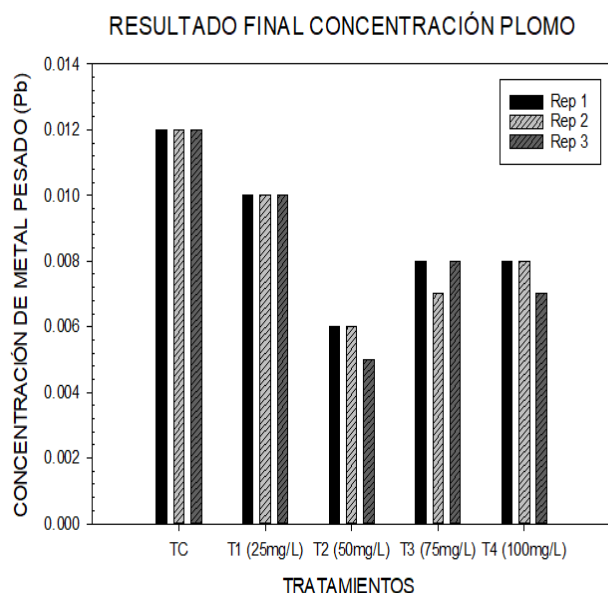


Fig. 4. Resultado Final de Concentración de Plomo

En la comparación de medias de los tratamientos se muestra una reducción de la concentración de plomo en todos los tratamientos donde se aplicaron el coagulante natural respecto al control, así también el tratamiento T2 muestra mayor reducción que los tratamientos T1, T3 y T4.

Además, se observa que todos los resultados de los tratamientos se encuentran igual o debajo del límite del ECA AGUA siendo esta de 0.010 mg/L, comprobando la efectividad de reducción de la aplicación del almidón de papa para este parámetro frente a la normativa nacional.

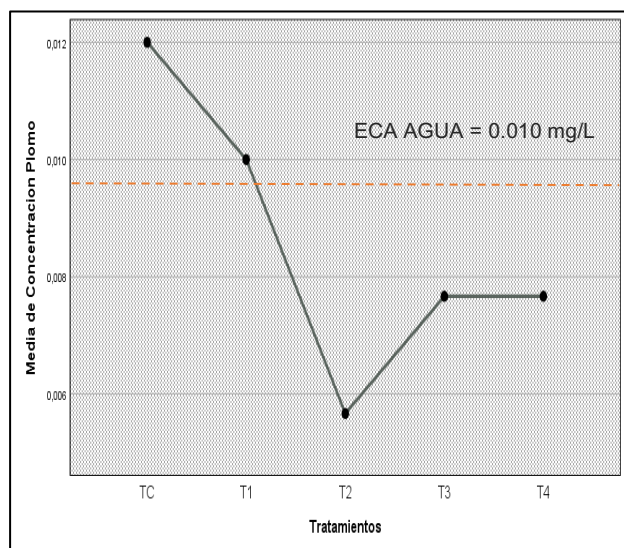


Fig. 5. Prueba de Duncan – Medias de Concentración de Plomo

c. pH

En la tabla V, se muestran los resultados para el tratamiento control el que presentan un valor constante de 8.20 siendo esta ligeramente básico, así mismo se observa una variación muy pequeña entre los otros tratamientos medidos con la aplicación del coagulante natural después de la prueba de jarras, donde se muestra que la T3 y T4 incrementó el pH en solo 0.01 sobre todo en la tercera repetición, caso contrario los T1 y T2, muestran que el valor se redujo en 0.01 en las repeticiones 2 y 3 respectivamente.

TABLA V
RESULTADOS DE pH DESPUÉS DEL EXPERIMENTO

pH Final del Agua						
Unidad: Unidad de pH						
TRATAMIENTOS	TC*	T1 (25mg/L)	T2 (50mg/L)	T3 (75mg/L)	T4 (100mg/L)	
REPETICIÓN	1	8.20	8.20	8.20	8.20	8.21
	2	8.20	8.19	8.20	8.20	8.20
	3	8.20	8.20	8.19	8.21	8.21

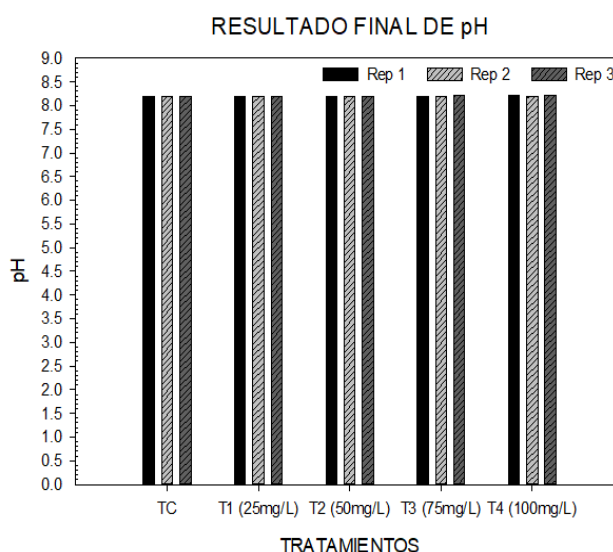


Fig. 6. Resultado Final de pH

En la comparación de medias de los tratamientos se muestra una ligera reducción del pH en los tratamientos T1 y T2, mientras que en los tratamientos T3 y T4 el pH aumenta ligeramente respecto a la concentración del coagulante natural.

Así mismo, se observa que los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango establecido en la normativa nacional, cabe mencionar que la Fig.7 muestra valores que se diferencian en centésimas.

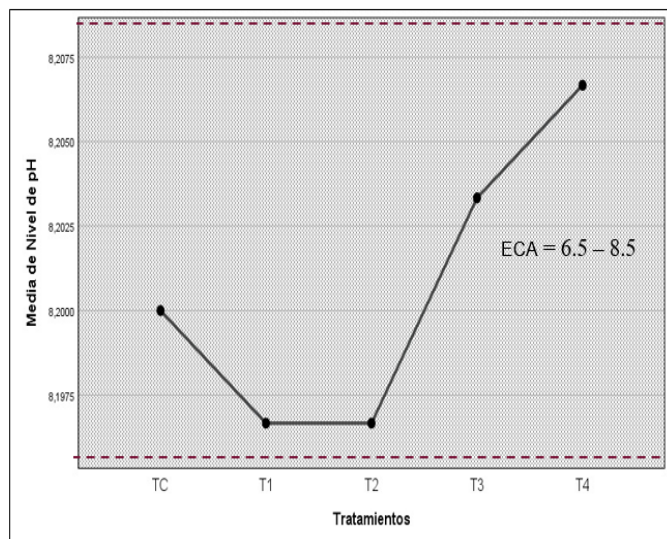


Fig. 7. Prueba de Duncan – Medias de pH

IV. DISCUSIÓN

La investigación de Carrasquero [6] proporcionó como resultado una mayor remoción en turbiedad con 200 UNT tras la aplicación de coagulantes a base de papa en el tratamiento propuesto, además se presentó mayor efectividad en aguas de alta turbiedad llegando a remover hasta un 97 % en las pruebas, empleando una dosis óptima de 50 mg/L. En el tratamiento del agua de la Laguna Punrún se obtuvo una turbiedad inicial de 8.50 UNT, menor al presentado en el trabajo anterior, el valor descendió hasta 0.55 UNT, donde se presentó un porcentaje de reducción de 93.31 % con una dosis óptima de 50 mg/L, ambos resultados difieren en menor medida en el porcentaje de eficiencia, sin embargo en el primer estudio se concluye la presentación de una mayor efectividad del coagulante cuando la muestra presenta un mayor valor de turbiedad el cual fue de 200 UNT. A su vez, en la investigación se demuestra que la aplicación del coagulante de papa *Solanum tuberosum* presentó un rango de pH de 6.98 a 7.34 obtenido después de un filtrado. Sin embargo, en el caso de tratamiento del agua de la Laguna de Punrún presenta un pH inicial de 8.20 donde se demuestra que después de la aplicación del coagulante no se presentó mayor variación, evidenciando un rango de 8.19 a 8.21 en el tratamiento T1 y T2 (25 mg/L y 50 mg/L) el valor de pH presenta cambios imperceptibles asemejándose al valor inicial y en el tratamiento T4 (100 mg/L) tiende a elevarse en menor medida. En ambos estudios el pH no presenta mayor variación

con la aplicación del coagulante, así también, el cambio del valor de pH en ambos tiende a mantenerse.

Con relación al trabajo de investigación de Contreras [18] se observó que en el tratamiento 1; 2; 4; 5 y 6 (0.0338; 0.0387; 0.0287; 0.0289 y 0.0319 mg/L) estas no se ajustan al objetivo de la investigación mencionada, sin embargo, el tratamiento 3 fue el único adecuado en cuanto a la remoción de plomo con una dosis óptima de 40 mg/L, donde la concentración inicial de plomo fue 0.3581 mg/L, estos resultados excedían a la norma, pero con la aplicación de coagulante del Maguey se logró remover hasta 0.0102 mg/L con un porcentaje de 97.15%, este valor presenta cierta similitud en los resultados obtenidos en la presente investigación porque se observa que la concentración inicial de plomo de la laguna Punrún arrojó un valor de 0.012 mg/L, pero con la aplicación del coagulante natural de papa con una dosis óptima de 50 mg/L logró reducir hasta 0.005 mg/L con un porcentaje de remoción de 58.33%. A partir de ello podemos decir que en ambas investigaciones se logró obtener resultados esperados, por lo tanto, se demuestra y corrobora la eficiencia de los coagulantes orgánicos para la purificación de agua.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que la aplicación *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural influye de manera positiva en el tratamiento del agua de la laguna Punrún.

Se pudo demostrar la reducción del grado de turbiedad después de la aplicación del coagulante natural, siendo el tratamiento T2 donde se aplicó una dosis de 50 mg/L de almidón de papa el más eficiente, permitiendo la reducción de un valor inicial de 8.50 UNT hasta 0.55 UNT representado en 93.31 % de remoción después de la aplicación del coagulante natural, así también se pudo demostrar la reducción de la concentración del metal pesado (Plomo) siendo el tratamiento T2 el más eficiente, lográndose reducir de 0.012 mg/L como medición de control hasta 0.005 mg/L representando un 58.33 % de remoción, además se verificó la no excedencia del Estándar de Calidad Ambiental de agua para la categoría de consumo humano A1, en todos los resultados obtenidos para ambos parámetros, demostrando su eficiencia y cumplimiento de la normativa vigente.

Así también se pudo demostrar la no influencia del almidón de papa como coagulante natural sobre el valor del pH teniendo un valor inicial de 8.20 pH en el control y manteniéndose estable después de la aplicación en los 4 tratamientos con el coagulante natural, la variación fue mínima llegando a registrarse valores entre 8.19 y 8.21 así mismo se verificó que

se encuentra dentro del rango establecido en el ECA Agua en todos los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra casa de estudios la Universidad Continental por permitir el desarrollo de nuestros conocimientos, así como todo el apoyo técnico y financiero brindado, también agradecemos al doctor Luis Centeno Ramírez por sus revisiones y consejos, y como no olvidar a nuestros colegas quienes nos acompañaron durante nuestra formación profesional y la elaboración de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] USGS, «Where is Earth's Water?», *Science for a changing world*. <https://on.doi.gov/3cx9obw> (accedido may 08, 2021).
- [2] World Health Organization, *Guidelines for drinking-water quality*. 2017.
- [3] J. Rodríguez Santos, D. Ortiz Ayoví, E. Rodríguez Baquerizo, y E. Santos Baquerizo, «Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera», *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 15, n.º 2, pp. 118-130, dic. 2018, doi: 10.22507/rli.v15n2a9.
- [4] J. Urios y A. Schiffer, *Agua, saneamiento e higiene para las poblaciones en riesgo*, vol. IV. Paris: Hermann, 2011.
- [5] L. Suay y F. Ballester, «Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de Alzheimer», *Rev. Esp. Salud Publica*, vol. 76, n.º 6, pp. 645-658, dic. 2002, doi: 10.1590/S1135-57272002000600002.
- [6] S. Carrasquero, S. Montiel, E. ía, P. Parra, J. Marín, y A. Díaz, «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, n.º 2, Art. n.º 2, feb. 2017, doi: 10.18359/rfcb.1941.
- [7] W. Ang y A. Mohammad, «State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment», *Journal of Cleaner Production*, vol. 262, p. 121267, jul. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121267.
- [8] J. Jiang, «The role of coagulation in water treatment», *Current Opinion in Chemical Engineering*, vol. 8, pp. 36-44, may 2015, doi: 10.1016/j.coche.2015.01.008.
- [9] M. Šćiban, M. Klačnja, M. Antov, y B. Škrbić, «Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn», *Bioresource Technology*, vol. 100, n.º 24, pp. 6639-6643, dic. 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2009.06.047.
- [10] M. Bravo, «Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales.», Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2017.
- [11] F. Castellanos, «Revisión del uso de coagulantes naturales en el proceso de clarificación del agua en Colombia.», *Universidad Militar Nueva Granada*, p. 18, 2017.
- [12] L. Zhou, H. Zhou, y X. Yang, «Preparation and performance of a novel starch-based inorganic/organic composite coagulant for textile wastewater treatment», *Separation and Purification Technology*, vol. 210, pp. 93-99, 2019, doi: 10.1016/j.seppur.2018.07.089.
- [13] H. Ramírez y J. Jaramillo, «Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua», *Rev. Fac. Cienc. Básicas*, vol. 11, n.º 2, p. 136, ene. 2016, doi: 10.18359/rfcb.1303.
- [14] Envirolab Perú S.A.C, «Evaluación de Recursos Hídricos en las regiones de Pasco, Ayacucho, Cusco, Puno y Ucayali.», MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, 2010. Accedido: feb. 07, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3iNqo0c>
- [15] R. Tito, «Evaluación de la eficacia del almidón de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) como auxiliar del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones altoandinas.», Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, 2018.
- [16] J. Chama, «Evaluación del poder coagulante del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) var. única y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua, Moquegua 2016», Título Profesional, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú, 2017.
- [17] L. Alvarado, «Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta La Diana'».», *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, vol. 6, pp. 115-121, 2012.
- [18] K. Contreras y T. Gutierrez, «Remoción de plomo de efluente minero de Yauli la Oroya utilizando el coagulante de Maguey (*Agave americana* L.) a nivel de laboratorio», Título Profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2015.