

Artículo Original

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

STARCH OF THREE VARIETIES OF POTATO (*Solanum tuberosum*) AS AN AUXILIARY TO ALUMINUM SULFATE IN THE TREATMENT OF WATER FOR HUMAN CONSUMPTION IN HIGH ANDEAN CONDITIONS

RUTH MERY TTITO SURCO§*, JUAN EDUARDO VIGO RIVERA**§,
ROSE ADELINE CALLATA CHURAS§

Recibido: 24 noviembre de 2020 / Aceptado: 30 diciembre de 2020

§Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Peruana Unión, Perú

Resumen

En el tratamiento de agua potable intervienen los procesos de coagulación-floculación, los cuales se llevan a cabo con el uso común de sales trivalentes, su acción permite eliminar las partículas suspendidas que producen turbiedad en el agua. Para contar una alternativa diferente, el objetivo de esta investigación fue evaluar 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. Se utilizó la metodología del CEPIS para la determinación de la dosis óptima con pruebas de jarras para mezclas $Al_2(SO_4)_3$ y almidón de papa nativas (imilla negra, sani imilla y ccompis), en condiciones de 40 UNT y 15 °C. Para evaluar el efecto de las variedades y tratamientos sobre los parámetros de pH y turbidez, se aplicó el diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 3A8B (Factor A: almidón de papa; Factor B: dosis de sulfato de aluminio), encontrando que uno de los tratamientos con variedad imilla negra presentó el mejor porcentaje de remoción (95.72%) a una dosis óptima de 27,5 y 15,0 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ y almidón de papa con valores finales de 1,7 UNT y 7,1 de pH, por lo que la variedad imilla negra presentó mejores propiedades como auxiliar del $Al_2(SO_4)_3$.

Palabras clave: almidón de papa, coagulación-floculación, dosis óptima, sulfato de aluminio

Abstract

In drinking water treatment, coagulation-flocculation processes intervene, which are carried out with the common use of trivalent salts, their action allows to eliminate suspended particles that produce turbidity in the water. To find a different alternative, the objective of this research was to evaluate the efficacy of starch from three varieties of potato (*Solanum tuberosum*) as an auxiliary to aluminum sulfate in the treatment of water for human consumption in high Andean conditions. The CEPIS methodology was used to determine the optimal dose with jar tests for $Al_2(SO_4)_3$ mixtures and native potato starch (black imilla, sani imilla and ccompis), under conditions of 40 UNT and 15 °C. To evaluate the effect of the varieties and treatments on the parameters of pH and turbidity, the experimental design was applied completely at random, with factorial arrangement 3A8B (Factor A: potato starch; Factor B: dose of aluminum sulfate), finding that one of the treatments with the black imilla variety presented the best removal percentage (95.72%) at an optimal dose of 27.5 and 15.0 mg / L of $Al_2(SO_4)_3$ and potato starch with final values of 1.7 UNT and pH 7.1, so that the black imilla variety presented better properties as an auxiliary to $Al_2(SO_4)_3$.

Keywords: potato starch, coagulation-flocculation, optimal dose, aluminum sulfate

INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), captan aguas superficiales para suplir las necesidades de una determinada población. Sin embargo, estas se han convertido en el punto de descarga de aguas domésticas e industriales que provocan un gran deterioro ambiental, siendo necesario aplicar tratamientos avanzados para descontaminarla (Barba, 2002; CEPIS, 2004). En el tratamiento de agua intervienen los procesos de coagulación y floculación. La coagulación se define como la adición de una sal trivalente y dotación de mezcla rápida, lo que provoca la desestabilización de las partículas coloidales que se encuentran suspendidas y producen turbiedad en el agua. La dotación de mezcla lenta (floculación) favorece la aglomeración y posterior sedimentación de estas partículas dejando un agua más clara (Andía, 2000).

El $Al_2(SO_4)_3$ Tipo B es la sal trivalente más usada en el proceso de coagulación debido a su efectividad (CEPIS, 2004), no obstante, reporta ciertas desventajas como alto costo de adquisición, producción de lodos los cuales son difíciles de tratar y alteración del pH del agua tratada (Yin, 2010). También se le atribuye la capacidad de provocar Alzheimer en los seres humanos, debido al aluminio residual en el agua tratada (Trejo & Hernández, 2004). Desde el punto de vista de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), es recomendable reducir la concentración de $Al_2(SO_4)_3$ en 0.1 y 0.2 mg/L en plantas de tratamiento con instalaciones grandes y pequeñas respectivamente.

Dadas las condiciones que anteceden, se han llevado a cabo estudios de diversas sustancias naturales que pueden ser usadas para reducir el uso de coagulantes químicos. Tal es el caso del almidón de papa, investigado por Carrasquero *et al.*, (2017); Chalco (2016); Chama (2017); Herrera (2015); Molano (2016), los cuales han obtenido resultados favorables sobre todo en la reducción de turbiedad. El objetivo de la investigación fue evaluar 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.

MATERIAL Y MÉTODOS

AMBITO DE ESTUDIO

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de Saneamiento Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión - Filial Juliaca.

SELECCIÓN DE LAS VARIETADES DE PAPA Y EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

La selección de las variedades de papa (*Solanum tuberosum*): imila negra, sani imilla y ccompis, se basó en la caracterización morfológica y agronómica de variedades nativas de papa del altiplano peruano del INIA (2009).

La extracción del almidón se desarrolló siguiendo la metodología propuesta por Melian (2010) con modificaciones basadas en Chalco (2016), el cual se describe en la Figura 1.

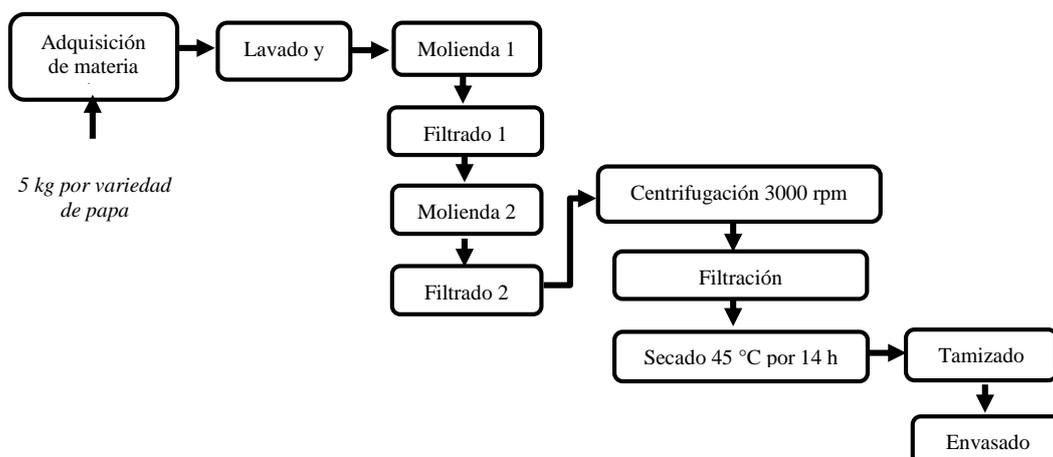


Figura 1. Proceso de extracción del almidón de papa, adaptado de Chalco (2016)

PREPARACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO Y ALMIDÓN DE PAPA

El reactivo empleado fue $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ tipo B, el cual es el más usado en las plantas de tratamiento. Se disolvió 100g del reactivo en 1 000 ml de agua destilada, obtenido una solución al 10% (CEPIS, 2004).

La preparación de las soluciones de almidón de papa se realizó según lo descrito por Roncal & Siu (1990). La metodología consistió en concentrar 10 g de almidón con 0.98 g de NaOH previamente diluido en 100 g de agua destilada, en una fiola de 1 000 ml, obtenido una solución al 1%.

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ARTIFICIAL DE AGUA

Se preparó una mezcla artificial de agua con arcilla hasta obtener 40 UNT, manteniendo una temperatura constante de 15°C con ayuda de un termostato marca Venusagua. El análisis de los parámetros de turbiedad y pH se realizó según el ASTM D 1889 (2005) y ASTM D 1293 (2005) respectivamente, usando un turbidímetro Marca Velp modelos TB1 y un potenciómetro de mesa Marca Milwaukee modelo Mi 150.

DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA

Se llevó a cabo mediante prueba de jarras, según lo descrito en la guía del CEPIS (2004), utilizando un equipo Marca VELP modelo JLT6, considerando lo siguiente:

- Solución patrón de sulfato de aluminio y almidón de papa al 1%.
- Determinación de dosis óptima para $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 mg/L.
- Concentración óptima para $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%.
- pH óptimo para $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: 6.5, 7, 7.5, 8 y pH natural del agua.
- Mezcla rápida de 300 rpm por 5 segundos.
- Mezcla lenta de 40 rpm por 20 minutos.
- Etapa de sedimentación de 20 minutos.

DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE $Al_2(SO_4)_3$ Y ALMIDÓN DE PAPA

Esta fase consistió en dos etapas, la primer consistió en mantener constante la dosis óptima de sulfato de aluminio y aplicar dosis variables de almidón de papa (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Diseño para hallar dosis óptima del almidón de papa

Agua superficial Turbiedad= 40 UNT Temperatura= 15°C	Dosis de mezcla rápida	Dosis de mezcla lenta
Jarra	300 rpm*5 seg	40 rpm*20 min
	Sulfato de aluminio (mg/L)	Dosis de almidón (mg/L)
1	Dosis óptima	5
2	Dosis óptima	10
3	Dosis óptima	15
4	Dosis óptima	20
5	Dosis óptima	25
6	Dosis óptima	30

La segunda etapa consistió en reducir la dosis óptima de sulfato de aluminio hasta en un 50 % y aplicar la dosis óptima de almidón de papa (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Diseño para hallar dosis óptima de sulfato de aluminio y almidón de papa

Agua superficial Turbiedad= 40 UNT Temperatura= 15°C	Dosis de mezcla rápida	Dosis de mezcla lenta
Dosis	300 rpm *5 seg	40 rpm*20 min
	Sulfato de aluminio mg/L)	Dosis de almidón (mg/L)
T1	Dosis óptima al 100 %	
T2	Dosis óptima al 100 %	Dosis óptima
T3	Dosis óptima al 92 %	Dosis óptima
T4	Dosis óptima al 83 %	Dosis óptima
T5	Dosis óptima al 75 %	Dosis óptima
T6	Dosis óptima al 67 %	Dosis óptima
T7	Dosis óptima al 58 %	Dosis óptima
T8	Dosis óptima al 50 %	Dosis óptima

Nota: Tratamiento (T)

ANÁLISIS DE DATOS

El experimento se condujo mediante un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3A8B (Factor A: almidón de papa; Factor B: dosis de sulfato de aluminio). Los tratamientos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA) para observar si existía o no diferencias estadísticas. Se aplicó la prueba de Duncan para un análisis de medias y seleccionar el tratamiento y variedad de papa con el mejor promedio de remoción y pH, mediante el programa estadístico SPSS versión 20.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DOSIS OPTIMA DEL SULFATO DE ALUMINIO

La dosis óptima determinada fue de 30 mg/L, la concentración óptima fue 1 %. El pH óptimo, natural del agua, se encontró dentro del rango de eficiencia del sulfato de aluminio 6.5y por consecuente tuvo los mejores resultados, optando trabajar con este valor. Se infiere que no es necesario modificar el pH del agua cuando este se encuentre dentro del rango de eficiencia del coagulante utilizado, igual a lo referido por Aguilar (2010), quien sugiere que un pH natural del agua mejora los resultados de coagulación-floculación. Similarmente Cabrera *et al.*, (2009), deducen que es conveniente realizar las pruebas de coagulación floculación a pH cercanos a la neutralidad. Por su parte Ojeda (2012) concluye que el rango de pH al cual el almidón remueve mejor la turbiedad es de 7 a 8.5.

DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO-ALMIDÓN DE PAPA

Las dosis de almidón de papa que reportaron mejor remoción de turbiedad junto a la dosis óptima de $Al_2(SO_4)_3$ fue 10 mg/L para las variedades ccompis y sani imilla negra, y 15 mg/L para imilla negra.

Tabla 3. Dosis óptima: sulfato de aluminio-almidón de papa

Agua superficial Turbiedad= 40 UNT Temperatura= 15°C	Dosis de mezcla rápida	Dosis de mezcla lenta		
	300 rpm *5 seg	40 rpm*20 min		
Dosis	Sulfato de aluminio mg/L)	Dosis de almidón (mg/L)		
		Imilla Negra	Ccompis	Sani Imilla
T1	30	0	0	0
T2	30	15	10	10
T3	27.5	15	10	10
T4	25	15	10	10
T5	22.5	15	10	10
T6	20	15	10	10
T7	17.5	15	10	10
T8	15	15	10	10

Tratamiento (T)

De acuerdo con la Tabla 4, para la variedad imilla negra, el tratamiento 3 resultó ser el más eficiente llegando a obtener valores de remoción menores a 2 UNT, igual a lo registrado por Alvarado (2011), con la formulación de cáscara de papa y sulfato de aluminio. Con este mismo tratamiento se redujo 2,5 mg/L de sulfato de aluminio, comparativamente mejor a lo recomendado por la OMS (2011).

Con respecto a la variedad ccompis, el tratamiento 3 también fue el más eficiente, consiguiendo una reducción promedio de turbiedad de 2.23 UNT. Sin embargo, a lo largo de todos los tratamientos se obtuvo valores promedio de remoción menores a 5 UNT. Al comparar los resultados con Chama (2017), estos son superiores, este autor consiguió una remoción de 7,6 UNT al usar la variedad de papa única como auxiliar del policloruro de aluminio. Así mismo, se obtuvo un 94,43% de remoción superior a lo adquirido por Alatrística *et al.* (2015) quienes lograron un 90,6% de remoción de turbiedad al usar almidón de trigo

como auxiliar del proceso. Además, se consiguió una reducción de 2.5 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$, con este tratamiento.

Por otro lado, para la variedad *sani imilla*, el tratamiento 2 fue el más eficiente, adquiriendo valores de remoción menores a 5 UNT, igual a lo reportado por Laines *et al.* (2008). A su vez estos resultados son superiores al adquirido por Chalco (2016), quien consiguió una reducción de turbiedad de 5.92 UNT al emplear la variedad de papa *Canchán* como ayudante del $Al_2(SO_4)_3$.

Tabla 4. Resultados de remoción de turbiedad por tratamiento y variedad de papa

Variedad de papa	Turbiedad final							
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8
Imilla Negra	4.00	1.52	1.72	1.79	1.92	2.43	3.43	3.44
	4.68	1.62	1.93	1.96	2.1	2.27	2.37	3.32
	4.32	2.52	1.49	1.99	2.09	2.31	2.33	4.06
Promedio (UNT)	4.33	1.89	1.71	1.91	2.04	2.34	2.71	3.61
Porcentaje	89.17	95.28	95.72	95.22	94.91	94.16	93.23	90.98
Ccompis	4.33	2.68	2.38	2.1	3.23	4.05	3.73	4.47
	4.36	2.7	2.23	2.68	3.17	3.92	3.81	4.26
	3.98	2.18	2.07	2.59	2.63	3.92	3.93	3.87
Promedio (UNT)	4.22	2.52	2.23	2.46	3.01	3.96	3.82	4.2
Porcentaje	89.44	93.7	94.43	93.86	92.48	90.09	90.44	89.5
Sani Imilla	4.04	2.23	2.32	2.52	2.69	3.83	3.59	3.77
	4.1	2.52	2.44	2.33	2.95	3.98	3.5	3.12
	4.42	2.36	2.45	2.72	3.26	3.76	3.62	3.21
Promedio (UNT)	4.19	2.37	2.4	2.52	2.97	3.86	3.57	3.37
Porcentaje	89.53	94.08	93.99	93.69	92.58	90.36	91.08	91.58

Nota: Tratamiento (T)

Sobre todo, con la adición de almidón solubilizado se observó mejor aglutinamiento de las partículas suspendidas (Herrera, 2015), obteniendo una mejor remoción de turbiedad (Bourke, 2000). Las afirmaciones anteriores sugieren que: es posible reducir el uso de $Al_2(SO_4)_3$ en un 50% de su dosis óptima, logrando obtener turbiedades dentro del LMP del D.S. 031-2010-SA (MINSA, 2011). Resultado que contrasta con el 60% de reducción de $Al_2(SO_4)_3$ obtenido por Moscozo (2015).

En síntesis la efectividad del almidón de papa se debería a que está compuesto por amilopectina y amilasa, siendo esta última más soluble en agua, además posee pequeñas cantidades de fósforo en forma del grupo ester del ácido fosfórico, su carga le imparte carácter de polielectrolito, convirtiéndolo en un insumo capaz de ser usado como auxiliar de floculación (CEPIS, 1975).

A continuación, en la Figura 2, se visualiza la remoción de turbiedad en función a la variedad de papa y tratamiento aplicado. La variedad *imilla negra* presentó un mejor promedio de remoción en el tratamiento 3, en comparación a las otras dos variedades. En cambio, el tratamiento 1 presentó el promedio más bajo, haciendo visible la diferencia de usar almidón de papa como auxiliar del $Al_2(SO_4)_3$.

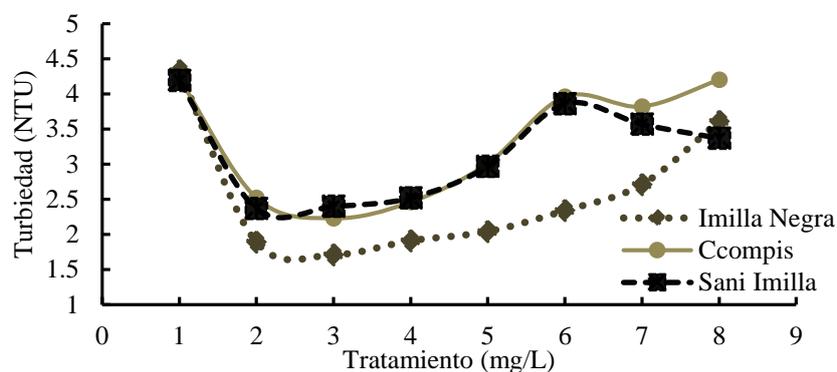


Figura 1. Remoción de turbiedad en función a la variedad de papa y tratamiento aplicado

En efecto, los análisis estadísticos corroboran que la variedad imilla negra reporta el mejor porcentaje de remoción promedio de turbiedad (93.58%) y presentó diferencia significativa en comparación a las otras variedades (Prueba Duncan $p < 0.05$) (Tabla 5). Este resultado infiere con el obtenido por Shahriari, Bidhendi, & Shahriani (2012), quienes emplearon 10 mg/L FeCl_3 y 0.2 mg/L de almidón, mezcla que permitió una remoción de turbiedad de 86.5% y 92.4%.

Tabla 5. Prueba Duncan: Efecto almidón de papa sobre remoción de turbiedad

Almidón por variedad de papa	Media*	N	Desv. típ.
Almidón de papa imilla negra	93.5846 ^a	24	2.36742
Almidón de papa ccompis	91.7454 ^b	24	2.06766
Almidón de papa sani imilla	92.1133 ^b	24	1.71548
Total	92.4811	72	2.18955

*) Letras iguales indican diferencias no significativas (Prueba Duncan, $p < 0.05$)

Así mismo, se determinó que los tratamientos 2, 3 y 4, presentaron una diferencia significativa, con porcentajes de remoción promedio de 94.35%, 94,71% y 94.25% respectivamente (Tabla 6). Estos porcentajes son similares al 95% de remoción obtenido por López, Laines, Hernández & Aparicio (2014) al aplicar 15mg/L de almidón nativo de malanga con 35 mg/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Tabla 6. Prueba Duncan: Efecto de tratamientos sobre remoción de turbiedad

Dosis de sulfato de aluminio	Media*	N	Desv. Típ
T1	89.3811	9	.58552
T2	94.3533 ^a	9	1.07522
T3	94.7167 ^a	9	.85140
T4	94.2578 ^a	9	.86959
T5	93.3256 ^b	9	1.31487
T6	91.5389 ^c	9	1.98163
T7	91.5844 ^c	9	1.49251
T8	90.6911 ^d	9	1.20265
Total	92.4811	72	2.18955

*) Letras iguales indican diferencias no significativas (Prueba Duncan, $p < 0.05$)

Con respecto, al parámetro de pH en la Tabla 7 se presentan los valores finales de los ocho tratamientos aplicados. Constatando que existen disminuciones respecto al pH inicial, este comportamiento también fue experimentado por Alvarado (2011).

Tabla 7. *pH final promedio*

Variedad de papa	pH							
	T 1	T 2	T 3	T 4	T5	T6	T7	T8
Imilla Negra	7.01	7.02	7.04	7.03	7.06	7.01	7.59	7.53
	7.06	7.06	7.02	7.01	7.04	7.04	7.56	7.57
	7.12	7.09	7.19	7.43	7.28	7.16	7.54	7.59
Promedio	7.06	7.06	7.08	7.16	7.13	7.07	7.56	7.56
Ccompis	7.40	7.34	7.36	7.36	7.42	7.43	7.4	7.36
	7.27	7.29	7.25	7.34	7.3	7.34	7.28	7.25
	7.46	7.44	7.44	7.42	7.43	7.45	7.26	7.26
Promedio	7.38	7.36	7.35	7.37	7.38	7.41	7.31	7.29
Sani Imilla	7.14	7.09	7.08	7.10	7.07	7.12	7.22	7.16
	7.34	7.29	7.17	7.21	7.18	7.21	7.23	7.19
	7.12	7.31	7.25	7.09	7.1	7.1	7.29	7.2
Promedio	7.20	7.23	7.17	7.13	7.12	7.14	7.25	7.18

En cuanto, a los análisis estadísticos estos indicaron que la variedad ccompis reporto incrementos de pH considerablemente diferente a las otras variedades, mientras que las demás forman un grupo homogéneo, reportando un pH más bajo, los cuales se encuentran dentro del LMP (Tabla 8). Resultado acorde al de Ojeda (2012), quien obtuvo un pH final de 7.03 al dosificar almidón de Mashua en 1mg/L con 85 mg/L de sulfato de aluminio.

Tabla 8. Prueba Duncan: Efectos del almidón de papa sobre pH

Variedad de papa	Media*	N	Desv. típ.
Imilla Negra	7.2104 ^b	24	.22934
Ccompis	7.3563 ^a	24	.07198
Sani imilla	7.1775 ^b	24	.07930
Total	7.2481	72	.16393

*Letras iguales indican diferencias no significativas (Prueba Duncan, $p < 0.05$)

Por otra parte, los tratamientos 7 y 8, presentaron incrementos en el pH respecto al inicial, esto se debería a que las soluciones de almidón de papa fueron solubilizados con NaOH, “y está por su carácter básico hace que se incremente este parámetro en relación directa con el aumento de las dosis de coagulante” (Jiménes & Piscal, 2015) (Tabla 9). Sin embargo, a lo largo de los tratamientos los valores de pH se mantuvieron dentro del LMP. En la investigación hecha por Rivera (2017), Carrasquero *et al.*, (2017), también se obtuvieron valores dentro de la normativa para agua.

Tabla 9. Prueba Duncan: Efectos de tratamientos sobre pH

Dosis: sulfato de aluminio	Media*	N	Desv. típ.
T1	7.2133b	9	.15914
T2	7.2144b	9	.14993
T3	7.2000b	9	.14213
T4	7.2211b	9	.16944
T5	7.2089b	9	.15390
T6	7.2067b	9	.16371
T7	7.3744a	9	.15117
T8	7.3456a	9	.17343
Total	7.2481	72	.16393

*) Letras iguales indican diferencias no significativas (Prueba Duncan, $p < 0.05$)

CONCLUSIONES

Al usar almidón de papa como auxiliar en el proceso de coagulación se obtuvo valores de remoción de turbiedad superiores a los obtenidos con el sulfato de aluminio. La variedad imilla negra en el tratamiento 3, reportó el mejor promedio de remoción de turbiedad en comparación a las variedades ccompis y sani Imilla. La dosis óptima fue de 27.5 mg/L de sulfato de aluminio y 15 mg/L de almidón solubilizado de la variedad de papa Imilla Negra, con el cual se logró una remoción promedio de 1.71 UNT y un pH de 7.08, reduciendo a su vez 2.5 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ en el tratamiento. En base a estos resultados se puede decir que las condiciones altoandinas, en lo que respecta a la temperatura del agua (15 C) no significó un limitante en la eficacia del almidón de papa como auxiliar del sulfato de aluminio.

RECOMENDACIONES

Realizar ensayos de comparación de la variedad imilla negra con otras variedades de papa estudiadas por otros autores, como coagulante –floculante, en las mismas condiciones. Llevar a cabo pruebas con distintos tipos de aguas y analizar otros parámetros. Comparar la eficacia del almidón de papa Imilla Negra en aguas con temperaturas cálidas. Realizar un análisis de costos de aplicación del producto a gran escala.

Agradecimientos

A los docentes, Ing. Ver nika Pari Mamani, MSc. Jael Calla Calla y MSc Rose Adeline Callata Chura, por su ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación. A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental – Filial Juliaca, por permitir el acceso a sus laboratorios para la ejecución de la investigación.

Referencias

Aguilar, E. (2010). *Utilización de las semillas de tara (Caesalpinia Spinosa) como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas*. Universidad Nacional de Ingenieria, Facultad de Ingeniería Ambiental.

- Alatriza, G., Quiroz, A., & Butrón, M. (2015). Tratamiento de efluentes textiles por coagulación - floculación utilizando almidón de *Triticum Aestivum* L. como ayudante del proceso. *The Biologist*, 13, 297–312.
- Alvarado, L. (2011). Uso de las cáscaras de papa como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables de la planta La Diana. *UNAD. Revista Especializada En Ingeniería de Procesos En Alimentos y Biomateriales*, 115–121.
- Andía, Y. (2000). *Tratamiento de agua. Coagulación y floculación*. (SEDAPAL, Ed.). Lima.
- ASTMD 1293. Standard Test Methods for pH of Water D 1293-99 (2005).
- ASTMD 1889. Standard test method for turbidity of water D 1889-00 (2005).
- Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Santiago de Cali.
- Bourke, M. (2000). Full Scale Study of Chemically Enhanced Primary Treatment in Riviera de Sao Lourenco, Brazil, 148.
- Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil “Desembarco del granma” a escala de laboratorio. *Tecnología Química*, XXIX, 64–73. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543760009>
- Carrasquero, S., Montiel, S., Faría, E., Parra, P., Marín, J., & Díaz, A. (2017). Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(2), 90–99. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1941>
- CEPIS. (1975). Polimeros naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Lima. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd26/004200.pdf>
- CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida* (Tomo I). Lima.
- Chalco, M. (2016). *Determinación de la eficiencia del almidón de papa (Solanum Tuberosum) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río caplina*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- Tacna; Facultad de Ingeniería; Escuela Académico Profesional de Ingeniería Química.
- Chama, J. R. (2017). *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*. Universidad José Carlos Mariátegui, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Retrieved from http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/202/Jenni_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1
- Herrera, M. E. T. (2015). Evaluación Del Almidón De Papa Como Floculante Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas. @*limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(2), 123–135. Retrieved from http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/1877/1027

- INIA. (2009). *Caracterización morfológica y agronomica de 61 variedades nativas de papa*.
- Jiménes, D., & Piscal, B. (2015). *Estudio y evaluación del almidón de maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación de agua para consumo humano*. Universidad de Nariño; Facultad de Ingeniería; Programa de Ingeniería Civil; San Juan de Pasto.
- Laines, J., Goñi, J., Adams, R., & Camacho, W. (2008). Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. *Interciencia*, 33, 22–28.
- López, R., Laines, J., Hernández, J., & Aparicio, M. (2014). Evaluación de almidones de malanga (*Colocasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(3), 855–863.
- Melian, D. (2010). *Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de chiloé y dos variedades comerciales*. Universidad Austral de Chile; Escuela Ingeniería de los Alimentos.
- MINSA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S N° 031-2010-SA (2011).
- Molano, J. (2016). *Tratamiento de efluentes de la industria alimentaria por coagulación-floculación utilizando almidón de Solanum tuberosum L. 'papa' como alternativa al manejo convencional*. Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Académico Profesional de Biología.
- Moscozo, L. (2015). *Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación en sistemas de tratamiento de agua para potabilización*. *Biomass Chem Eng*.
- Ojeda, L. (2012). *Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del Tropaeolum Tuberosum, en el Tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasí de la EPMAPS*. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3866/1/UPS-QT03424.pdf>
- OMS. (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. (W. H. Organization, Ed.) (Fourth Ed.). [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00006-6)
- Rivera, R. (2017). *Eficiencia de coagulante natural obtenidos de yuca (Manihot Esculenta) y plátano (Musa Paradisaca) para remover turbidez y Escherichia Coli del riachuelo Santa Perene Chanchamayo*.
- Roncal, S., & Siu, R. (1990). *Utilización de almidones como ayudantes de floculación en el tratamiento de aguas para consumo humano*. Universidad Nacional de Ingeniería; Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Shahriari, T., Bidhendi, N., & Shahriari, S. (2012). Evaluating the efficiency of Plantago ovata and starch in water turbidity removal. *International Journal of Environmental Research*, 6(1), 259–264. <https://doi.org/10.22059/IJER.2011.491>
- Trejo, R., & Hernández, V. (2004). Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. *Conciencia Tecnológica*, 25. Retrieved from <http://www.nutritionfoundationofindia.org/ARCH>
- Yin, C. Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437–1444. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>