

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESINA

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ALMIDÓN DE LA OCA (*Oxalis
tuberosa*) EN EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA
CONSUMO HUMANO EN EL RÍO AYAVIRI**

PRESENTADO POR:

CARLOS HUGO ZENON TAPIA HUACOTO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PUNO-PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ALMIDÓN DE LA OCA (*Oxalis
tuberosa*) EN EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA
CONSUMO HUMANO EN EL RÍO AYAVIRI**

PRESENTADO POR:
CARLOS HUGO ZENON TAPIA HUACOTO
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

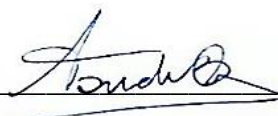
APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO



Dra. SANDRA BEATRIZ BUTRÓN PINAZO

ASESOR DE TESIS



ING. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrografía y recursos del agua

Especialidad: Contaminación y mitigación de aguas superficiales

Puno, 14 de mayo de 2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación, a Nuestro Creador Dios, quien nos ha dado el don de la vida para hacer de ella un apostolado con nuestros prójimos.

También lo dedico a mis padres, quienes supieron guiarme por el camino del bien, hasta lograr cumplir sus metas y las mías propias.

A mis hermanos, con quienes compartí muchos momentos de felicidad, pero también de angustias, pero siempre juntos superamos todas ellas.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos de la ciudad de Puno, en cuyas aulas me forme como futuro profesional en Ingeniería Ambiental.
- A todos los docentes de dicha universidad, tanto de las materias básicas como de especialidad, que hoy me permiten culminar una primera etapa académica.
- A los miembros del jurado dictaminador de la tesina, quienes aportaron con valiosas sugerencias a lo largo todo el proceso de su desarrollo.
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente contribuyeron con el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.2.1. INTERNACIONALES	4
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	12
2.1.1. Tubérculos andinos	12
2.1.2. Prueba de jarras	14
2.1.3. Clarificación del agua	14
2.1.4. Tratamiento de aguas	15
2.2. MARCO CONCEPTUAL	16
2.2.1. Turbiedad	16
2.2.2. Almidón	17
2.2.4. Floculación	17
2.3. HIPÓTESIS	19
2.3.4. HIPÓTESIS GENERAL	19

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	ZONA DE ESTUDIO	20
3.2.	TAMAÑO DE MUESTRA	20
	POBLACIÓN Y MUESTRA	20
3.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	21
3.3.1.	METODOLOGÍA	21
3.1.2.	MATERIALES DE LABORATORIO Y EQUIPOS	23
3.1.3.	INSUMOS	23

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.	Eficiencia del almidón (Oxalis tuberosa) en el proceso de clarificación de agua.	24
4.2.	Variación de los parámetros fisicoquímicos del agua con el uso del almidón de oca (Oxalis tuberosa)	26
4.3.	Comparación de la eficiencia del almidón de oca (Oxalis tuberosa) con el sulfato de aluminio según la velocidad de agitación y dosis.	27
	CONCLUSIONES	29
	RECOMENDACIONES	30
	BIBLIOGRAFÍA	31
	ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencia del almidón (<i>Oxalis tuberosa</i>) en el proceso de clarificación de agua para el consumo humano.	24
Tabla 2. Variación de los parámetros fisicoquímicos del agua con el uso del almidón de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	26
Tabla 3. Comparación de la eficiencia del almidón de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) con el sulfato de aluminio según la velocidad de agitación y dosis.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema antiguo de tratamiento de aguas contaminadas.	15
Figura 2. Ubicación del punto de toma de muestras.	21

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la eficiencia del almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*) en el proceso para clarificación del agua de consumo humano. Por lo cual la metodología consistió en un estudio experimental mediante la técnica de prueba de jarras (Jar Test), utilizando como contraste el sulfato de aluminio a diferentes concentraciones y tiempos, así como del almidón de oca, la variable de respuesta fue la turbidez expresada en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) tanto en agua cruda, sedimentada y filtrada, mientras que el análisis estadístico fue descriptivo y la prueba de hipótesis contrastada mediante prueba de Z a 95% de confianza. Luego los resultados fueron: los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri (agua cruda) presentó una disminución para turbiedad de 4.7 NTU, para el pH se obtuvo una disminución promedio de 0.553 unidades como efecto del uso del almidón de oca. Mientras que la eficiencia máxima del sulfato de aluminio fue de 75.71% con la dosis de 18 mg/l y 140 segundos de agitación, el almidón de oca redujo la turbidez en 20.56% con 80 mg/l y 600 segundos de agitación, entonces la diferencia entre el clarificante químico y natural fue de 55.15% a favor del sulfato de aluminio. Por lo tanto se concluye que el almidón de oca tuvo una eficiencia en agua cruda de 20.56% a la dosis de 80 mg/l y 600 segundos de agitación, la eficiencia en agua filtrada fue del 97.35% con la misma dosis óptima.

Palabras clave: almidón, floculante,, oca, turbidez, UNT.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the efficiency of goose starch (*Oxalis tuberosa*) in the process for clarifying water for human consumption. Therefore, the methodology consisted of an experimental study using the jar test technique (Jar Test), using aluminum sulfate at different concentrations and times as a contrast, as well as goose starch, the response variable was the turbidity expressed in NTU (Nephelometric Turbidity Units) both in raw, settled and filtered water, while the statistical analysis was descriptive and the hypothesis test contrasted by means of the Z test at 95% confidence. Then the results were: the physicochemical parameters of the Ayaviri river water (raw water) presented a decrease for turbidity of 4.7 NTU, for the pH an average decrease of 0.553 units was obtained as an effect of the use of goose starch. While the maximum efficiency of aluminum sulfate was 75.71% with the dose of 18 mg / l and 140 seconds of agitation, the goose starch reduced the turbidity by 20.56% with 80 mg / l and 600 seconds of agitation, then the difference between the chemical and natural clarifier was 55.15% in favor of aluminum sulfate. Therefore, it is concluded that goose starch had an efficiency in raw water of 20.56% at the dose of 80 mg / l and 600 seconds of agitation, the efficiency in filtered water was 97.35% with the same optimal dose.

Keywords: starch, flocculant, oca, turbidity, UNT.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para que la vida exista en nuestro planeta tierra, además este recurso se hace cada vez más escaso en su forma para consumo directo (agua dulce), siendo una de las principales fuentes de agua los ríos y lagos, es así que las principales captaciones de agua para consumo humano en la región Puno, provienen de dichas fuentes, siendo mucho menor el consumo de aguas subterráneas.

Sin embargo la calidad del agua que se capta para su distribución para la población, no siempre cumple con las especificaciones técnicas requeridas, entre ellas se evidencia que el color del agua presenta afectaciones por diferentes razones, entre las que se destaca la suspensión de partículas, lo que es un parámetro que se debe corregir mediante el uso de sustancias floculantes o aclarantes, la mayoría de ellas son sustancias químicas que implican costos económicos importantes, pero también su uso excesivo o sin criterio técnico puede provocar problemas en la salud de las personas que los ingieren de manera directa.

En este sentido se realizó una revisión profunda sobre el uso de sustancias con propiedades aclarantes, entre ellas se destacó el uso de almidones de diferentes tubérculos, resultados de experiencias anteriores permitieron identificar que la utilización del almidón, en el tratamiento de aguas de abastecimiento, posibilita una operación unitaria de floculación más eficiente, entre otras características se menciona además que la utilización de los mismos proporciona flóculos más densos y con mayores velocidades de sedimentación, lo cual permite que a final del proceso se obtenga un agua de mejor calidad, y de manera adicional una menor generación de lodos, esto comparado en situaciones en las que únicamente se utiliza el sulfato de aluminio como floculante único.

Así como lo señala Marín (2006) en aguas para el consumo humano se utilizan sustancias químicas, algunas de las cuales se tiene una desconfianza que puedan producir graves enfermedades tal es el caso de aluminio, que se dice que es muy posible

que cause el Alzheimer, es por ello que hoy en día como parte de la contribución hacia la disminución de los efectos del cambio meteorológico y la degradación del ambiente, se viene promoviendo el uso de sustancias de origen natural (polielectrolitos naturales) en algunos procesos unitarios referidos al método de aguas para el consumo humano, específicamente en los procesos de coagulación/floculación para la eliminación de algunas impurezas que no hayan sido eliminadas en operaciones previas.

Considerando que el río Ayaviri – Ayaviri Melgar es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Ayaviri, sin embargo en época de lluvia esta fuente cuenta con alta presencia de turbidez, debido al incremento de la corriente y el arrastre de partículas de tierra y otros. Por lo que el estudio buscó un tratamiento diferente al tratamiento convencional que trata de la aplicación de el cloruro férrico y sulfato de aluminio; y sustituirlo por clarificante naturales como es el almidón de Oca (*Oxalis Tuberosa*) para la remoción de la turbidez como nueva alternativa para el tratamiento del agua potable.

El primer capítulo corresponde al planteamiento del problema, en base a los antecedentes y objetivos, en el segundo capítulo se expone el marco teórico, conceptual e hipótesis de la investigación, luego en el capítulo tercero se expone la metodología de la investigación donde se identifica la zona de estudio, el tamaño de muestra, los métodos y técnicas, se define las variables de estudio y el método estadístico aplicado. En el capítulo cuarto se presenta la exposición de los resultados, donde se describen y analizan las tablas y figuras, además de realizar la discusión de los mismos con el marco teórico y antecedentes, finalmente se da a conocer las conclusiones y recomendaciones, además de la bibliografía utilizada y los anexos respectivos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como lo han señalado Mihelcic y Zimmerman (2012), uno de los principales problemas para el agua de consumo humano, es la presencia de partículas en suspensión, atribuible a diferentes causas como es el arrastre de sedimentos, así se requiere de sustancias que clarifiquen esta agua, para ello se tienen sustancias químicas, pero en los últimos años se está probando el uso de sustancias orgánicas como el almidón para cumplir con dicho propósito.

Es ineludible examinar y evaluar la utilización del beneficio obtenido de los tubérculos utilizados en el proceso y los métodos que se utilizan para potabilizar el agua en nuestra localidad es de mucho esperar, pues a través de todos los pasos que en una convencional planta de tratamiento se realizan, el abastecen de una cierta cantidad de químicos y 2 reactivos para la colaboración con la limpieza y remoción del agua y así hacerla buena y adecuada para el consumo de la población quienes se abastecen del río Ayaviri sabiendo que lógicamente en tiempo poco lluviosos están son aguas tranquilas y con caudal bajo y en tiempos de invierno estas elevan su turbidez y su caudal, acrecentando su costo para la remoción de cierta turbidez y color del agua que es lo más afectado a simple vista.

- **PREGUNTA GENERAL**

¿Cuál es la eficiencia del almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*) como clarificante en el agua para el consumo humano?

- **PREGUNTAS ESPECÍFICAS**

¿Cómo influye el uso del almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*) en los parámetros de turbidez y pH?

¿Cuál es la eficiencia del uso del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) en el agua frente al sulfato de aluminio?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONALES

Solís et al. (2012). En su trabajo de investigación, “Mezclas con viable coagulante para purificar aguas superficiales” (Colombia). Concluyeron que lograron demostrar que las mezclas de sulfato de aluminio con almidón de yuca tienen una permisible de coagulación-floculación y podrían ayudar al tratamiento de las aguas superficiales. La función de almidón como agente coadyuvante en la separación de coloración, mezclado con sulfato de aluminio (coagulante), permitiría bajar el costo económico, el impacto ambiental y los efectos a la salud pública. Como resultado de esta investigación, se abre una posibilidad de experimentar con otros tipos de aguas tales como las residuales industriales o municipales. Es substancial realizar futuras investigaciones con almidones estructuralmente modificados empleando técnicas de copolimerización por injerto con la intención de desarrollar la efectividad en la separación de color y turbiedad en procesos de tratamiento de aguas superficiales y eliminar el uso de coagulantes metálicos.

Trujillo et al. (2014). En su trabajo de investigación, “Remoción de turbiedad en agua de origen natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano.”

(Colombia). Concluyen que las observaciones realizadas en la prueba de jarras y los datos de turbiedad indican que el almidón de plátano utilizado es positivo como ayudante de floculación, cuando se usa sulfato de aluminio líquido. De esta manera se corrobora que el almidón de plátano tiene la capacidad de sustituir el uso de polielectrolitos comerciales y disminuir así los costos de los tratamientos por coagulación/ floculación. Cuando se usó sulfato de aluminio granulado no se obtuvo una caracterización clara de los factores relevantes, de modo que los datos no son adecuados para el análisis estadístico.

Jiménez y Vladimir (2015). La finalidad de esta investigación fue el de estudiar y evaluar al almidón de “maíz” como opción natural en el proceso de coagulación para el tratamiento del agua, la cual concluyeron que con el empleo del almidón de maíz como coagulante natural, a una reunión patrón de 20000 mg/l (2%), aplicando la dosis optima de 6 mg/l y velocidades de 300 rpm (mezcla rápida)/ 24 rpm (mezcla lenta) se logró una remoción de turbidez del 86,77% (3,88 NTU), y de tono (coloración aparente) del 52,76 % (43,82 UPC); partiendo de un valor de tono inicial de la origen de estudio de 95 ± 5 UPC, y de turbidez de 30 ± 5 NTU. Resultados que indicaron una falta de este coagulante en la separación de tono; por lo tanto, se hizo ineludible implementar un proceso de filtración eficiente, que garantice la remoción de este parámetro. Una aproximación de esta etapa en el laboratorio, empleando papel filtro, muestra una disminución de turbidez del 97,92%, que equivale a 0,61 NTU y de color (color verdadero) del 91,01%, que equivale a 8,33 UPC; valores que dan cumplimiento con las normas de calidad del agua para consumo humano (Decreto 1575 de 2007). Cabe mencionar, que esta eficiencia no fue representativa la de un filtro convencional.

Maldonado (2017). En su investigación planteó como objetivo general establecer en qué medida el clarificante de origen natural (almidón de “yuca”) remueve la turbidez y tono, en aguas de consumo humano, quebrada Juninguillo, por lo que posteriormente de la ejecución llegó a concluir que el clarificante natural a partir de almidón de “yuca”, ha

removido en 48% del color inicial al ser aplicada al agua de la quebrada Juninguillo y en un 50% la turbidez del agua en las pruebas óptimas, realizada en el ensayo de jarras, como clarificante natural, sin ninguna adición de químicos este demuestra no afectar en turbidez y tono al agua de la quebrada a ninguna concentración, ni mucho menos en la variación de las velocidades.

Maldonado (2017). En el estudio las velocidades óptimas encontradas, con la utilización del clarificante natural a base de almidón de “yuca”, para la turbidez es de 150 rpm y para el color fue de 200 rpm, en la concentración del 1% de almidón de “yuca”, en el cual se ha obtenido los mejores resultados en este parámetro; pero no llegó a efectuar con los Límites Máximos Permisibles, en ninguno de los mencionados.

Ojeda (2010). Nos habla de la fácil extracción del almidón de mashua, su precio y su beneficio, se recomienda el uso del mismo fundamentalmente en la industria alimenticia, farmacéutica y química. Debido a la fácil extracción del almidón de mashua, su costo y su incremento, se recomienda el uso del mismo fundamentalmente en la industria alimenticia, farmacéutica y química. - De acuerdo a todos los resultados del ensayo de jarras, se concluye que el apresto de mashua es capaz como ayudante de floculación, obteniendo mejores resultados que el praestol; no obstante, su dedicación como coagulante no es capaz.

Orosco (2019) señala que el almidón de oca presentó propiedades funcionales en función de la aplicación de Nitrógeno y fósforo en 80-160, capacidad de adsorción de 28,29 g/g, poder de hinchamiento de 44,20 g/g, solubilidad 36% a 70°C, turbidez de 0,09-1,83, de acuerdo a los resultados, el proceso de fertilización mejora las propiedades funcionales del almidón de oca, lo cual le brinda características que podrían ser deseables para la formulación de productos agroindustriales.

Velásquez & Velezmoro (2018) el análisis químico proximal indica rendimiento de almidón, contenido de amilosa aparente (AA), las propiedades reológicas y

viscoelásticas. El contenido de AA fue de 21,13% a 26,13%, las pastas de mashua, oca y olluco presentaron un comportamiento tixotrópico y pseudoplástico ($n < 1$), también se observó un comportamiento más elástico que viscoso ($G' > G''$), también se determinó que los almidones obtenidos de mashua y oca mostraron un mayor nivel de viscosidad compleja y aparente.

1.2.2. NACIONALES

Chavez et al. (2019). En su proyecto de investigación se obtuvieron los siguientes resultados que las mezclas poliacrilamida – sulfato de aluminio y almidón de plátano sulfato de aluminio fueron de 98,80% y 98,34% individualmente. La extracción del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) se obtuvo con un sedimento de extracción con respecto a la masa de pulpa del plátano de 60,52%, así como un porcentaje de pureza de 80% La dosificación adecuada del almidón extraído del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) fue la mezcla de 25 ppm de almidón de plátano de seda y 25 ppm de sulfato de aluminio; la que se alcanzó el mejor porcentaje de remoción de turbidez (98,34%).

Huaroma (2018). En su proyecto de investigación utilizó haba (*Vicia faba*) como coagulante natural en el tratamiento de las aguas del río Monterrey, específicamente en los procesos de coagulación, floculación y precipitación, mostrando una alta eficiencia en cuanto a la separación de turbiedad. Que se llegó a establecer los parámetros hidráulicos, como es la gradiente de velocidad en la floculación ortocinética utilizando el coagulante de haba (*Vicia faba*), para la separación de la turbiedad del río Monterrey. Dando resultado a un declive de velocidad óptima de 20 S-1 para el tratamiento de las aguas del río Monterrey, con un tiempo para la formación de floculación de 30 minutos.

Lozano (2018). El trabajo de investigación de la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de *Opuntia ficus-indica* (Tuna) para su innovación obtenida del coagulante-floculante de *Opuntia ficusindica* (tuna) impacta en su certeza para decrecer

la turbidez del agua, debido al cambio en las características físicas. Siendo más efectivo el proceso de escurrimiento, el floculante-coagulante natural del proceso de escurrimiento fue más eficiente en la disminución de la turbidez a comparación de los procesos de licuado y extracción.

Godoy (2018). En el trabajo de investigación de uso de la paleta de tuna haciendo uso del floculante natural, la turbidez disminuye hasta 3.34 NTU con una dosificación de 10 mg/600ml y una rapidez de revoluciones por minuto de 50 RPM, concluyó que posteriormente la paleta de tuna es un mejor floculante dando mejores resultados y se evaluó el pH del agua en solución obtenemos que es de carácter Neutro ya que en su mayoría obtenemos un PH =7, lo que permite que la desinfección con cloro sea eficaz.

Fluker (2019). Los almidones OSA de oca rosada mostraron un alto grado de sustitución seguido por almidones de olluco y oca amarilla. La densidad pico y la viscosidad final de los almidones OSA durante la alineación de pasta fueron altos en el balance con los almidones nativos y se redujeron las temperaturas y entalpías de gelatinización en los tres almidones modificados. La cristalinidad de los gránulos de almidón fueron afectadas por el proceso de modificación con OSA y esto fue corroborado por FT-IR y difracción de rayos de X. Los gránulos de almidones OSA de oca amarilla y oca rosada mostraron un aumento en el tamaño de los gránulos en comparación a los gránulos de almidón de olluco, en los cuales se redujo el tamaño del gránulo por efecto de la modificación con el reactivo OSA.

Arévalo (2017). señala que el almidón de oca presenta un contenido de amilosa 28.32%, por lo cual tendría propiedades adecuadas para ser usado como biopolímero, la gelatinización se produce a entre 52.85 ± 0.38 para T_0 . Las superficies de los gránulos de almidón son lisos, planos, sin grietas y ovals en su forma. El almidón de oca presentó cristalinidad B, característico de tubérculos, presentó alto grado de cristalinidad (CI, 11.31%), con lo que se puede conseguir la gelatinización a menos temperatura. El

almidón de oca presenta características adecuadas para su uso en sistemas alimentarios que requieran bajas temperaturas, así como también como espesantes con temperatura media de procesamiento, además como estabilizante.

1.2.3. LOCALES

Sanchez (2016). En el siguiente estudio se tiene una superior capacidad de separación del nutriente fósforo contenido en aguas residuales homogenizadas (AR) procedentes de la laguna de estabilización el Espinar de la ciudad de Puno, por el proceso de floculación y precipitación de flujo ascendente; utilizando floculantes cal artesanal CaO, con el 50% de pureza frente al floculante Alumbre andino "kollpa" $Al_2(SO_4)_3 \cdot (X) H_2O$ con el 49% de pureza. Se llegó a determinar que el floculante cal artesanal y alumbre andino "kollpa" a una concentración de 400 mg/l permitieron la remoción del fósforo total en aguas residuales homogenizadas de manera óptima para lo cual el floculante cal artesanal tuvo un pH de 10, con un tiempo de residencia de 24 minutos; mientras que el floculante alumbre andino "kollpa" hubo un pH de 7.3 con un tiempo de residencia de 11 minutos.

Carrión (2018). En el trabajo de investigación Obtención De Almidón Y Glucosa A Partir De La Oca (Oxalis Tuberosa). Por Hidrólisis Ácida Y Su Cinética De Extracción, tubo pruebas que demuestran que se ha obtenido 40,609 g de almidón, con un rendimiento del 25,38 %, y glucosa 11,44 g con un beneficio del 57.20 %, lo cual nos demuestra la eficacia del proceso. Las pruebas demuestran que los parámetros óptimos para nuestro diseño experimental para la elaboración de almidón fueron, pH de 8,5, volumen de agua 400 mL y 10 °C de temperatura de extracción. Para la producción de glucosa, los parámetros óptimos fueron, la concentración de almidón 10 g/mL, temperatura de extracción 10 °C y un pH de 10.

Medrano (2017). En el plan de investigación sobre el Método de lixiviados del botadero de residuos sólidos de la urbe de Puno por el proceso de coagulación y

floculación no dice que el mejor agente precipitante para la separación de metal fue el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, por la cantidad de iones que tiene dentro de su molécula y cuya agitación debe mantenerse en continuo movimiento para lograr tener una suspensión homogénea. Se ha demostrado que el procedimiento del lixiviado por el método de proceso de coagulación y floculación evita la contaminación del medio ambiente al haber regenerado una concentración máxima de hierro con una dosis de 100 mg/L, concentración de 0,0186 mg/L y tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, con un rendimiento del 98.10 %, para la recuperación de hierro es el tratamiento con el hidróxido de calcio, con un porcentaje de recuperación del 94,81%.

Apaza (2018). los resultados indican que los almidones de oca tienen forma elíptica y oval, su longitud es de 29,87 μm , y una estabilidad entre 128.96-229.71°C, con una entalpia de 11.04 ΔHg (J g⁻¹), el difractograma de rayos X señala patrón tipo B característico de almidones de tubérculos. Realizando las mediciones con un viscoamilografo se determinó una viscosidad de 5680 cP (centésima parte de un poise) a una temperatura proximal de 94 °C, este resultado indica que este almidón de oca requiere menor cantidad de energía para conseguir la gelatinización y esto puede generar una viscosidad elevada, esto a diferencia de otros almidones lo cual es beneficioso en costos y su aplicación podría estar asociado a productos que requieren mantenerse refrigerados o congelados.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficiencia del almidón (*Oxalis tuberosa*) en el proceso de clarificación de agua para el consumo humano.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la variación de los parámetros fisicoquímicos del agua con el uso del almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*).
- Comparar la eficiencia del almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*) con el sulfato de aluminio según la velocidad de agitación y dosis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Tubérculos andinos

Los tubérculos andinos tienen su origen en los Andes de América del Sur, que es el centro de origen de los cuatro únicos cultivos que poseen este tipo de tallo modificado, como la papa, la oca, el olluco, el isaño; todas ellas muy semejantes en su característica de producción, solamente la papa ha adquirido importancia mundial, incluso el punto de estar ahora entre los cuatro cultivos más importantes del mundo, por consiguiente, sólo ella ha sido objeto de especial dedicación por parte del mundo científico agronómico. Las otras, en cambio, a pesar de sus cualidades nutritivas y de producción, han quedado relegadas al cultivo empírico (Arbizu y Tapia, 1992).

Características de la oca (*Oxalis tuberosa*)

- 1) Nombre botánico: *Oxalis tuberosa* Molina
- 2) Taxonomía:
 - Reino: Plantae
 - División: Magnoliophyta

- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Geraniales
- Género: Oxalis
- Familia: Oxalidáceas

3) Nombres comunes: Oca (*Oxalis tuberosa*), oqa (Perú); apilla (aymara Bolivia, Perú); ibia (Colombia); cuiba (Venezuela).

La distribución geográfica: Es un cultivo significativo en las tierras frías altas sobre los 3000 y 3800 msnm de los Andes de Sudamérica, posteriormente de la papa es la especie tuberosa más cultivada, se tiene una estimación que en la región andina del Perú, Ecuador y Bolivia se cultivan 32,000 ha (Tapia, 1990).

Con rendimientos entre 6 a 12 T.M. /Ha. Descripción botánica: Es una especie anual, erecta, de 20 a 70 cm, de tallos cilíndricos y suculentos con ligera pubescencia en el tallo. Las hojas son alternas y trifoliadas como las del trébol; la inflorescencia es muy variable, en todos los casos se produce una sola flor.

La oca (*Oxalis tuberosa*) no produce frutos luego las flores se desprenden poco después de abrirse. Su cosecha de desarrollo es de 220 días para las más precoces y de 269 para las más tardías. La tuberización comienza más o menos a los 110 días después de la germinación y el máximo crecimiento del tubérculo ocurre entre los 170 y 230 días (Tapia y Frías, 2007).

Se manifiesta “no puede establecerse variedades en el sentido taxonómico, ya que las características morfológicas de las plantas que se han visto no lo permiten. Las diferencias más marcadas entre las numerosas colecciones pueden establecerse basadas en el color de los tubérculos y siguiendo este carácter, propondremos la congregación de las ocas (*Oxalis tuberosa*) en tres formas: alba, flava y roseo-violácea”. La forma de los tubérculos varía menos que su pigmentación y tal vez podríamos reducir

todas las formas a tres tipos: ovoide, claviforme y cilíndricos. En los tubérculos de tipo ovoide y cilíndrico el extremo del estolón es curvado (Cárdenas, 1985).

Los tratamientos que se dan al cultivo son bastantes similares que los que se dan a la papa; se cultiva asociada con ulluco, mashwa y papa nativas en parcelas de hasta alrededor de 1000m². La oca (*Oxalis tuberosa*) es un cultivo endémico de los Andes. Su domesticación y la de otros tubérculos andinos en la región central del Perú y el norte de Bolivia en que se encuentra la mayor variedad, tanto de formas cultivadas como silvestres, habría dado origen junto con la papa a la actividad agrícola en las zonas agro-ecológicas más altas de los Andes (Cárdenas, 1985).

2.1.2. Prueba de jarras

Se conoce que la coagulación química y la dosificación apropiada de reactivos deben ser seleccionadas por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala. La Prueba de Jarras es la que principalmente simula la química de la clarificación y la operación llevada a prueba. Un arreglo simple de vasos de precipitado y paletas permite concertar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares. Este ensayo se realizó con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener una floculación de las mejores características (Restrepo, 2009).

Es un procedimiento de simulación de los procesos de Coagulación y Floculación, realizado a nivel de laboratorio que nos permite obtener agua de buena calidad, expeditamente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes (SEDAPAL, 2000).

2.1.3. Clarificación del agua

EL autor nos indica que la clarificación del agua tiene por centro retirar los sólidos suspendidos, sólidos delicadamente divididos y materiales coloidales, convirtiéndolos en

partículas más grandes que se pueden mover con mayor facilidad. Es un proceso utilizado tanto en sistemas de tratamiento de aguas municipales con el fin de lograr agua potable para consumo humano, como en sistemas de tratamiento de aguas industriales que comprenden el tratamiento individual del agua derivado de acueductos municipales de acuerdo con su uso final, ya sea agua para elaboración de bebidas o alimentos, generación de vapor o circuitos de congelación, lavado de envases, etc. La clarificación incluye los subprocesos de coagulación, floculación y sedimentación (Quintana, 2000).

2.1.4. Tratamiento de aguas

El tratamiento de aguas es una de las formas más antiguas de defensa para la salud pública en el ser humano. Desde hace muchos años, el hombre ha tratado el agua para eliminar residuos, reducir los riesgos a la salud y optimizar su calidad en cuanto a su aspecto, olor, color y sabor. Desde épocas tan antiguas se trataba el agua hirviendo, exponiéndose al sol, depositándola en recipientes para su precipitación o filtrándose a través de arena o grava para purificarla (Figura 1). En la actualidad muchas de estas técnicas son utilizadas para tratamiento de las aguas ya sean de abastecimiento o aguas residuales y se complementan con las técnicas físicas y químicas modernas (Arellano y Guzmán, 2011).

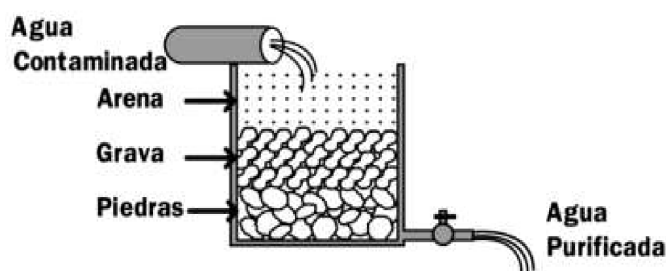


Figura 1. Sistema antiguo de tratamiento de aguas contaminadas

El tratamiento de aguas se aboca al acondicionamiento de las mismas para el suministro humano. El abastecimiento de agua, es la forma por el cual se transporta el

agua desde su fuente a instalaciones de almacenamiento y finalmente al destino donde será utilizada a través de instalaciones de transporte. De esta manera se provee de agua a hogares, granjas, industrias, comercios y recreación. Los tres factores importantes para instituir un suministro de agua apropiado son la eficacia del líquido, la cantidad y la localización del suministro de agua en relación con los lugares donde será utilizada.

Tratamiento primario

. Los sistemas primarios forman los más sencillos en la limpieza del agua y tienen la función de preparar el agua, limpiándose de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes (Rodie y Hardenberg, 1987).

Mecánica del proceso

Indica que normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por el choque entre partículas. En ella intervienen, en forma secuencial, tres mecanismos de transporte (Vargas, 2004).:

- 1) Floculación pericinética o browniana. Se debe a la energía térmica del fluido.
- 2) Floculación ortocinética o gradiente de velocidad. Se produce en la masa del fluido en movimiento.
- 3) Sedimentación diferencial. Se debe a las partículas grandes, que, al precipitarse, colisionan con las más pequeñas, que van descendiendo lentamente, y ambas se aglomeran.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra suavemente dividida, etcétera). La turbidez es causada por las partículas que

forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en mínimo o superior grado. En el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano establece como límite máximo permisible de 5 UNT para turbidez (DS N° 031-2010-SA) (Barrenechea, 2004)

2.2.2. Almidón

El almidón ($C_6H_{10}O_5$) es un carbohidrato de reserva, sintetizado y almacenado como origen de energía en plantas superiores; además después de la celulosa, es el segundo hidrato de carbono más abundante en la biosfera. No obstante el contenido de almidón varía según el origen de obtención, el más significativo son los cereales (maíz, arroz, trigo con un contenido aproximado de 30-80%, en leguminosas (frijol, chícharo, haba) un 25-50% y en tubérculos (papa, tapioca, yuca) presenta un 60-90% de la materia seca. De la producción mundial de almidón aproximadamente el 83% es obtenido del maíz; después la fuente más importante es el trigo con un 7%, papa con un 6% y tapioca con el 4% (Tovar, 2008).

En términos generales, los almidones contienen cerca de 17-27% de amilosa, y el resto de amilopectina. Algunos cereales, como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas "céreas" que están constituidas casi solamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal (Badui, 2006).

2.2.4. Flocculación

Usualmente está ligado a procesos unitarios son conocidos como procedimiento estándar el cual tiene como finalidad la disminuir el color, turbidez y las impurezas particuladas a niveles aceptables. Al hacerlo así se producen ventajas adicionales, tales

como reducciones en hierro, manganeso, algas, microorganismos patógenos, etc. dentro de dicha manera estándar también se incluye a la precipitación (Kiely, 1999).

El procedimiento más común utilizado para mover las partículas y una porción de materia orgánica disuelta es la mezcla de coagulación y floculación seguida por la sedimentación o la filtración. La coagulación es un paso de neutralización de carga que involucra el condicionamiento de la materia suspendida, coloidal y disuelta al añadir coagulantes. La floculación involucra la agregación de partículas desestabilizadas y la formación de partículas más grandes conocidas como flóculo (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

Coagulación

Se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos (Barrenechea, 2004):

- El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.
- El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

Indica que en este proceso es muy rápido, toma desde décimas de segundo hasta cerca de 100 segundos, de concierto con las demás características del agua: pH, temperatura, aumento de partículas, etcétera. Se lleva a cabo en una unidad de tratamiento denominada mezcla rápida. De allí en adelante, se necesitará una agitación relativamente lenta, la cual se realiza dentro del floculador. En esta unidad las partículas chocarán entre sí, se aglomeran y forman otras mayores denominadas flóculos; estas pueden ser removidas con mayor eficiencia por los procesos de sedimentación, flotación o filtración rápida (Vargas, 2004).

pH

Actualmente que comprendemos a qué nos referimos cuando hablamos de ácidos, bases y sus reacciones, no es difícil entender por qué la reacción de autoionización del agua es una reacción ácido-base. El agua, según el modelo de Brønsted-Lowry es un anfótero: puede proceder como ácido y como base pues es capaz de aceptar y donar protones, así que la reacción entre dos moléculas de agua es una reacción entre un ácido y una base (Islas, 2016).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

El almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) produce más de 10% de eficiencia de remoción de la turbidez del agua del río Ayaviri.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

El almidón de oca produce una eficiencia de remoción de turbidez de más del 10% y un cambio en el pH en agua cruda del río Ayaviri.

El sulfato de aluminio presenta mayor eficiencia de remoción de turbidez que el floculante de almidón de oca en agua del río Ayaviri.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La toma de muestra se realizó del río Ayaviri que se encuentra a 1.20 kilómetros al suroeste del centro de la ciudad del mismo nombre.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

POBLACIÓN Y MUESTRA

- Muestra de la oca (*Oxalis tuberosa*) 10 kg y 0.01 m³ aprox. para la prueba de jarras.
- El río Ayaviri se encuentra en la provincia de Melgar, distrito de Ayaviri,
- Población se tomará en cuenta el volumen de 0.01 m³ del río Ayaviri ubicado a 1.20 kilómetros, al suroeste de Ayaviri.



Figura 2. Ubicación del punto toma de muestras
(Fuente: Google maps, Lat: -14.891642° Lon: -70.596082°)

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. METODOLOGÍA

1. Se calculó el porcentaje de almidón de la Oca (*Oxalis tuberosa*) de acuerdo a la turbidez del agua de muestra. con el método del test de jarras.
2. Caracterización fisicoquímica del material experimental (agua)
 - Es incolora.
 - No tiene sabor ni olor.
 - Se encuentra en la naturaleza en los tres estados.
 - Posee una temperatura de transformación fija.
 - Compuesto y no elemento.
 - Es un disolvente.
 - Posee una carga eléctrica neutra.
 - Densidad estable.

Se tomaron muestras de los parámetros físicos químicos.

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO Y REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

- **Identificación:** Los puntos de muestreo, fueron identificados y reconocidos visiblemente, de modo que permitió su ubicación exacta. En la determinación de la ubicación se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el mismo que se registró en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.
 - **Accesibilidad:** El acceso por vía vehicular permitió un rápido y seguro acceso al lugar establecido para tomar la muestra.
 - **Representatividad:** Se buscó que el lugar de toma de la muestra de agua fuera representativo sin zonas de embalse o turbulencias no característicos del cuerpo de agua. Se consideró el punto en donde el río estuvo lo más regular, accesible y uniforme en profundidad. Se consideró importante ubicar la referencia para la ubicación del punto de monitoreo posteriormente.
 - **Medición de Caudal.** La medición del caudal se realizó por el método de flotador ya que no se cuenta con equipos especializados, esta medición consistió en marcar un punto A y B, del punto A se soltó un corcho o madera y se tomó el tiempo de llegada al punto B, con lo cual se obtuvo el caudal con la siguiente fórmula $Q= V/t$
 - **Registro de datos de campo.** Ficha de registro de campo: Se utilizó en el monitoreo y sirvió para generar la bases de datos.
3. El análisis de la cantidad de almidón a emplear para resultados óptimos con la prueba de jarras, fue una etapa importante en el proceso de tratamiento de agua lo cual nos ayudó en esta etapa para determinar la cantidad necesaria para emplear el almidón a nuestra prueba.

3.1.2. MATERIALES DE LABORATORIO Y EQUIPOS

Los materiales fundamentales utilizados para el siguiente estudio fueron:

- Vasos de precipitado (250 mL)
- Buretas
- Pipetas
- Secadora de cámara
- Turbidímetro
- Equipo de Prueba de Jarras
- pH-metro

3.1.3. INSUMOS

- Almidón de la Oca (*Oxalis tuberosa*)
- Sulfato de aluminio

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Almidón de oca

Variable dependiente: Turbidez del agua

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó el método estadístico paramétrico de Z para una muestra, el cual permite comparar un conjunto de valores (turbidez) contra un valor establecido de eficiencia (10%), para las dos hipótesis específicas se utilizó la prueba de ji cuadrado, ambas con nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$).

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Eficiencia del del almidón (*Oxalis tuberosa*) en el proceso de clarificación de agua.

Tabla 1. Eficiencia del almidón (*Oxalis tuberosa*) en el proceso de clarificación de agua para el consumo humano.

Agua río Ayaviri			Agua sedimentada		Agua filtrada	
Turbiedad						
Turbiedad (NTU) Inicial	Dosis (mg/l)	Tiempo (s)	Turbiedad residual (NTU)	Eficiencia de remoción (%)	Turbiedad residual (NTU)	Eficiencia de remoción (%)
28.7	40	-	24.4	14.98	-	-
28.7	60	750	25.2	12.20	-	-
28.7	80	600	22.8	20.56	0.761	97.35

$$Z_c = 2.406 > Z_{t(2,0.05)} = 1.645 \text{ Sig. } (p = 0.008)$$

Se encontró que el agua del río Ayaviri presentó una turbiedad de 28.7 NTU, los resultados de la prueba de jarras señalan una turbiedad residual mínima de 22.8 NTU al ser sometidas al almidón de oca como clarificante natural, la misma que se obtuvo a los 600 segundos de agitación. La eficiencia en agua sedimentada fue máxima con 20.56% que corresponde a la dosis de 80 mg/l de almidón de oca y 600 segundos de agitación, la eficiencia en agua filtrada fue del 97.35% con la misma dosis óptima.

De los resultados de la prueba de jarras y la utilización del almidón de oca se determinó que la dosis óptima es de 80 mg/l.

El análisis estadístico mediante la prueba de Z, señala la existencia de diferencia estadística significativa ($p=0.008$), de lo cual se interpreta que el almidón de oca presentó una eficiencia mayor al 10%, por lo que se acepta la hipótesis planteada en el estudio.

Los resultados evidencian que el almidón de oca presenta cierta capacidad para su utilización como clarificante de aguas como lo señala Solís, et al., (2012), sin embargo su utilización como coadyuvante sería la más recomendable frente a su uso único para reducir la turbidez. En este mismo sentido Trujillo, et al., (2014) señala que el uso del almidón sería una fuente de polielectrolitos para disminuir así los costos de los tratamientos por coagulación/ floculación, esto sería aplicable para el caso del almidón de oca.

Respecto a la eficiencia de disminución de turbidez de los almidones Jiménez y Vladimir, (2015) indican que fue necesario un posterior filtrado del agua tratada, en nuestro caso también se aplicó un proceso de filtrado, con el cual se obtuvo una significativa reducción de la turbidez de 97.35%, por lo que el uso del almidón de oca debe formar parte de un proceso de tratamiento y no una opción única para la misma.

Así también Maldonado, (2017) señala para el almidón de oca una eficiencia de 50% de disminución de la turbidez del agua en la prueba óptima, en nuestro estudio hallamos en el óptimo 20.56% de eficiencia, por lo que las características del almidón de oca están orientadas a su uso como coadyuvante en forma conjunta con sulfato de aluminio u otro agente coagulante, en parte está limitada capacidad del almidón estaría relacionado con presentar un comportamiento más elástico que viscoso como lo señala Velásquez & Velezmoro, (2018).

4.2. Variación de los parámetros fisicoquímicos del agua con el uso del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)

Tabla 2. Variación de los parámetros fisicoquímicos del agua con el uso del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)

Parámetro	Agua cruda	Agua sedimentada	Variación porcentual
Temperatura (°C)	11.4	-	
Turbiedad NTU	28.7	24.13	15.92
SDT (mg/l)	182	-	
Conductividad (us/cm)	384	-	
Salinidad (0/00)	0.2	-	
pH	7.806	7.253	7.08

$$\chi_c^2 = 3.89 > \chi_{t(1,0.05)}^2 = 3.84 \text{ Sig. } (p = 0.048)$$

Así tenemos que los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri (agua cruda) presentaron una disminución para la turbiedad de 4.7 NTU, para el pH se obtuvo una disminución promedio de 0.553 unidades como efecto del uso de este clarificante natural.

El análisis estadístico señala que existe diferencia significativa ($p=0.048$), por lo que se acepta la hipótesis específica planteada para este objetivo, es decir se disminuyó la turbiedad en más del 10%.

La principal función de un clarificante es la de reducir la turbidez del agua tratada, por lo que el almidón de oca cumple con este objetivo al haber disminuido la turbidez en 4.57 UNT, como lo señala también Godoy, (2018) esta es la principal función de un coagulante natural.

Respecto al pH también se evidenció una estabilización cercana al valor neutro de 7 unidades, por lo que esto permitirá posteriormente un proceso eficaz de la cloración del agua como lo señala Godoy, (2018).

La característica de los almidones es entre otras la capacidad de estabilización, es decir impiden la separación de los ingredientes individuales como lo señala Arévalo (2017), al respecto de la capacidad del almidón de oca se conoce que requiere menor cantidad de energía para conseguir la gelatinización y esto puede generar una viscosidad elevada como lo indica Apaza, (2018), son estas propiedades las que actúan en la disminución de la turbidez.

4.3. Comparación de la eficiencia del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) con el sulfato de aluminio según la velocidad de agitación y dosis.

Tabla 3. Comparación de la eficiencia del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) con el sulfato de aluminio según la velocidad de agitación y dosis.

Sulfato de aluminio			Almidón de oca		
Tiempo (s)	Dosis (mg/l)	Eficiencia de remoción (%)	Tiempo (s)	Dosis (mg/l)	Eficiencia de remoción (%)
300	14	54.36	-	40	14.98
210	16	67.49	750	60	12.20
140	18	75.71	600	80	20.56

$$\chi_c^2 = 186.2 > \chi_{t(1,0.05)}^2 = 3.84 \text{ Sig. } (p = 0.001)$$

Comparativamente el sulfato de aluminio mostró una máxima eficiencia de remoción de 75.71% con la dosis de 18 mg/l y 140 segundos de agitación, superior al del almidón de oca cuya eficiencia fue de 20.56% con 80 mg/l y 600 segundos de agitación, la diferencia entre el químico y natural fue de 55.15% a favor del sulfato de aluminio.

El análisis estadístico señala que existe diferencia significativa ($p=0.001$), por lo que se acepta la hipótesis específica planteada para este objetivo, es decir el sulfato de aluminio fue más eficiente.

Al comparar la eficiencia, el sulfato de aluminio fue más eficiente frente al almidón de oca, se establece que se debe proponer el uso del mismo más como un coadyuvante para disminuir el uso único de productos químicos como lo señala también Ojeda, (2010).

La forma de acción del sulfato de aluminio en solución tiende a formar cationes poliméricos con carga positiva, de esta forma tiene capacidad de atracción de las partículas coloidales que forman la turbidez del agua, que presentan una carga eléctrica opuesta y por ello forman flóculos que se separan, el proceso debe completarse por filtrado y cloración si se desea hacerla potable, en este sentido es recomendable el uso del almidón de oca como coadyuvante cuando se usa sulfato de aluminio líquido como lo señala Trujillo, et al., (2014).

CONCLUSIONES

Primera: La eficiencia del almidón de oca en agua sedimentada fue de 20.56% a la dosis de 80 mg/l y 600 segundos de agitación, la eficiencia en agua filtrada fue del 97.35% con la misma dosis óptima.

Segunda: Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri (agua cruda) presentó una disminución para turbiedad de 4.7 UNT, para el pH se obtuvo una disminución promedio de 0.553 unidades como efecto del uso del almidón de oca.

Tercera: La eficiencia máxima del sulfato de aluminio fue de 75.71% con la dosis de 18 mg/l y 140 segundos de agitación, el almidón de oca fue eficiente con 20.56% con 80 mg/l y 600 segundos de agitación, la diferencia entre el químico y natural fue de 55.15% a favor del sulfato de aluminio.

RECOMENDACIONES

Primera: A las universidades realizar estudios que utilicen el almidón de oca como coadyuvante del sulfato de aluminio en la clarificación de aguas con altos niveles de turbiedad.

Segunda: Probar otras fuentes de almidón como de la papa y evaluar su eficiencia de forma combinada con el almidón de oca.

Tercera: A los estudiantes de Ingeniería Ambiental enfocar sus investigaciones en la mejora de la calidad del agua de ríos en la región Puno, como una forma aplicada para su posible uso como agua para consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

- Apaza, B. (2018). Extracción y caracterización del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) de la variedad k'ellu kamusa. Universidad Peruana Unión. Universidad Peruana Unión. Retrieved from <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/503>
- ARBIZU, C. Y. TAPIA, M. 1992. Tubérculos andinos. En: Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492. Ed. J.E. Bermejo y J. León. FAO-Jardín Botánico de Córdoba, España.
- Arellano, J. y Guzmán, J. (2011). *Ingeniera ambiental*. Alfa Omega. México.
- Arévalo, A. (2017). Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y térmicas de almidón de oca. Universidad Nacional de Trujillo.
- BADUI, Salvador. *Química de los alimentos*. 4a edición. Ciudad de México – México: Pearson educación, 2006, 83 pp. ISSN: 970-26-0670-5.
- Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Tomo I: Capítulo 1 Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Capítulo 4 Coagulación*. CEPIS. Perú.
- Ciencias, F. D. E., Ambiente, H. W. H. R. (2018). "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
- Civil, C. D. E. I., Tuna, P. D. E. (2018). Facultad de ingeniería.
- Cárdenas, Y. (2016). Tratamiento de aguas-floculación y coagulación-Sedapal
- D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud (2011). Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud.
- De Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Tomo I: Capítulo 6 Floculación*. CEPIS. Perú.
- Del, E., Del, A., Seda, P. D. E., La, P., &C. (2019). Floculación. Universidad Nacional del Callao.
- El, D., & Islas, A. (2016). Agua, pH y equilibrio químico.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill Interamericana. España.

- Liszeth Fernanda Ojeda Báez-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.*)
- Maldonado, V. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Tomo II:Capítulo 7 Sedimentación*. CEPIS. Perú.
- Mihelcic, J. y Zimmerman, J. (2012). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, sustentabilidad, diseño*. Alfa omega. México.
- MINSA. (2010). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano*:
- Orosco, R. (2019). Caracterización funcional del almidón de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) cultivadas con dos aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. Sustainability (Switzerland). Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARIKAN_
- Privada, U., Guillermo, A. (2018). Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos.
- Quintana, R. (2000). *Cómo tratar el agua. Documento técnico. Coca Cola de Colombia, Bogotá D.C.*
- Restrepo, H. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Tesis (pregrado). Medellín – Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2009, 8 – 11 pp.
- Solís, S., Laines, J. y Hernández, J. (2012). *Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, México.
- Tapia, M. (1990). Los Tubérculos Andinos (Una revisión de la investigación actualizada) en Avances en las Investigaciones sobre Tubérculos Alimenticios de los Andes. Editor: Mario Tapia. Proyecto INIAA CIID ACDI. Bolivia. p. 45- 61.

TOVAR, Tomas. *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento*. Tesis (título de licenciado en química en alimentos). Pachuca de soto - México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México, 2008, 15 - 19 pp.

Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rincón, A., Pacheco, P. y Herrera, O. (2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*. Universidad Industrial de Santander, Colombia.

Velásquez, F., & Velezmoro, C. (2018). Rheological and viscoelastic properties of Andean tubers starches. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 189–197. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.03>


ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ALMIDÓN DE LA OCA (*Oxalis tuberosa*) EN EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL RÍO AYAVIRI

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p>PROBLEMA</p> <p>El agua es un recurso finito y las provisiones fácilmente accesibles se están volviendo menos abundantes. Con la escasez del agua ya como una realidad en muchas partes del mundo, se espera que la población y junto con los impactos estudien aún más este asunto.</p> <p>¿Cuál es la eficiencia del almidón de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) en el proceso de clarificación del agua para el consumo humano?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cómo varían los parámetros de turbidez y pH con el uso del almidón de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)?</p> <p>¿Cuál es la eficiencia del uso del almidón de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) frente al sulfato de aluminio?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar la eficiencia del almidón (<i>Oxalis tuberosa</i>) en la clarificación de agua para el consumo humano.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar la variación de los parámetros del agua con el uso del almidón de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).</p> <p>Comparar la eficiencia del almidón de la oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) con el sulfato de aluminio según la velocidad de agitación y dosis.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El floculante de almidón de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) produce más de 10% de eficiencia de remoción de la turbidez del agua del río Ayaviri.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>El floculante de almidón de oca produce una eficiencia de remoción de turbidez de mas del 10% en agua cruda del río Ayaviri.</p> <p>El floculante de sulfato de aluminio presenta mayor eficiencia de remoción de turbidez que el floculante de almidón de oca en agua del río Ayaviri.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Almidón de oca</p> <p>Sulfato de aluminio</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>pH</p> <p>Temperatura.</p> <p>Turbidez.</p>

Anexo 2. Solicitud para realizar los análisis



Solicito: Permiso de uso del equipo de laboratorio test de jarras y análisis físico químico de agua.

GERENTE GENERAL DE SEDA JULIACA


Yo Carlos Hugo Tapia Huacoto identificado con el DNI N° 70182434 domicilio en el Jr. Juan Velasco Alvarado N° 165 del distrito de Ayaviri Melgar, Puno Ante usted me presento y expongo.

Que mi persona es Egresado de la Universidad Privada San Carlos de Puno, facultad de Ing. Ambiental y viene realizando un trabajo de investigación para obtener el grado de bachiller, lo cual solicito utilizar el equipo de test de jarras y análisis físico químico del agua previa supervisión del encargado de laboratorio de SEDA Juliaca, para determinar la eficiencia de floculante de mi proyecto de investigación para el día 23 de febrero del 2021.

Por lo expuesto:

Ruego a usted acceder a lo solicitado y adjunto plan de trabajo.

JULIACA 18 DE FEBRERO


Carlos Hugo Tapia Huacoto
DNI: 70182434

Handwritten notes on the right margin: 2021-11-18, 10.58, 10.58

Anexo 3. Resultados Jar Test

GENERIC OPERACIONAL
División de Producción Química y Procesos Químicos
Laboratorio de Control de Calidad

EPS SEDAJULIACA S.A.
Área de Control de Calidad

PRUEBA DE JARRAS "JAR TEST"
Dosis Optima de: Sulfato de Aluminio para remoción de Turbidez

PRUEBA DE JARRAS
Elaborado por: Rodrigo Incaurri Sánchez y Carlos Hugo Tapia Huacoto

DATOS DE LA MUESTRA DE AGUA CRUDA		DATOS DEL COAGULANTE		DATOS DE DILUCIÓN	
Procedencia:	<u>RIO AYSHALI - PROXIMIDAD MELGAR</u>	Coagulante:	<u>Sulfato de Aluminio</u>	Volumen de Coagulante (ml):	<u>20</u>
Turbidez (NTU):	<u>287</u>	Tiempo (s):	<u>15'</u>	Prisa de Coagulante (gr):	<u>1</u>
Temperatura (°C):	<u>11.4</u>	Lote:	<u>ALCALIDAD DE OCA</u>	Volumen de la Fide (l):	<u>100 ml</u>
STD (mg/l):	<u>182</u>	Embalaje:		Concentración de Dilución (mg/l):	<u>100 ml</u>
Conductividad (µs/cm):	<u>384</u>	Densidad (g/ml):		Concentración de Floc (mg/l):	
Salinidad (‰):	<u>0.2</u>	pH:		Concentración de Floc (g/ml):	
Arsénico (mg/l):		ADDS (%):			

hora de la prueba: 10:35

JARRA N°	AGUA CRUDA		DOBIFICACIÓN		FORMACIÓN DE FLOC'S		FLOCCULACIÓN		AGUA SEDIMENTADA		CALIFICACION WILLCOMB		AGUA FILTRADA				
	Color (UCV eq. P-20)	Turbidez (NTU)	Mezcla Rapida	Mezcla Lenta	JARRAS	Velocidad de Floc	Floc (mm)	Formación de Floc (s)	pH	Turbidez Residual (NTU)	Almidón Residual (mg/l)	Almidón Residual (mg/l)	pH	Color (UCV eq. P-20)	Turbidez Residual (NTU)	Alcalinidad Residual (mg/l)	Arsénico Residual (mg/l)
1	7.806	14	3.2	1.6	2000 ml	3.00	300	7.236	13.1	4	4	7.678	0.377	0.761			
2	7.806	16	3.6	1.8	2000 ml	140	140	7.177	6.97	6	6						
3	7.806	18	6.0	3.0	2000 ml	-	24.4	7.124	25.2	0	0						
4	7.806	8.0	10.0	5.0	2000 ml	350	350	7.212	22.8	2	2						
5	7.806	10.0			2000 ml	600	600	7.562		4	4						

Observaciones:
Orden de la aplicación de los productos químicos:
EN LAS JARRAS N° 01, N° 02 Y N° 03 DE 2000 ML SE APLICÓ SULFATO DE ALUMINIO A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS JARRAS N° 04, N° 05 Y N° 06 DE 2000 ML SE APLICÓ ALCALINIDAD DE OCA A DIFERENTES CONCENTRACIONES SE REALIZÓ UNA MEZCLA RAPIDA DURANTE COMO SEGUNDO A 240 RPM EN SEGUNDO SE ESPERÓ QUE SE FORME LOS FLOC'S DURANTE QUINCE MINUTOS A 10 RPM Y FINALMENTE SE SEDIMENTA DURANTE QUINCE MINUTOS

Temperatura de la muestra inicial de agua: 11.4 °C

CONCLUSIONES: LA DOSIS OPTIMA CORRESPONDE A LA JARRA N° 03 QUE PRESENTO MENOR TURBIDEZ CON EL FLOCULANTE SULFATO DE ALUMINIO
LA DOSIS OPTIMA CORRESPONDE A LA JARRA N° 06 QUE PRESENTO MENOR TURBIDEZ CON EL FLOCULANTE ALCALINIDAD DE OCA

Juliana, 24 de FEBRERO del 2021

Carlos Hugo E. Tapia Huacoto
70182434

Anexo 4. Evidencias fotográficas



Tomando muestra de agua en el río Ayaviri



Pesando el almidón de oca para la experimentación



Ejecución de la prueba de jarras (Jar Test)



Medición de la turbidez y parámetros fisicoquímicos