



UNAP



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

“USO DE TRES TUBÉRCULOS: YUCA (*M. Esculenta crantz*), SACHA PAPA MORADA (*D. Trífida*) Y PAPA BLANCA (*S. Tuberosum L.*), COMO COAGULANTES DURANTE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE IQUITOS, PERÚ. 2018”.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

ETHEL JAHAYRA GIL GARCÍA

CHARLES FERNANDO JACINTO CANAQUIRI

ASESOR:

Ing. LAURA ROSA GARCÍA PANDURO.

IQUITOS, PERÚ

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TESIS N° 001 CGT-FIQ-UNAP

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química al décimo sexto días del mes de noviembre de dos mil diecinueve, a horas diez y ocho, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **USO DE TRES TUBÉRCULOS: YUCA (*M. esculenta* CRANTZ), SACHA PAPA MORADA (*D. trifida*) Y PAPA BLANCA (*S. tuberosum* L.), COMO COAGULANTE DURANTE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE IQUITOS, PERÚ. 2018**", aprobado con R.D. N° 206-2018-FIQ-UNAP, presentado por los Bachilleres **ETHEL JAHAYRA GIL GARCÍA y CHARLES FERNANDO JACINTO CANAQUIRI**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico** que otorga la Universidad de acuerdo ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 206-2018-FIQ-UNAP está integrado por:

Ing. JOSÉ ANTONIO SOPLIN RÍOS, Dr.	Presidente
Ing. ROSA ISABEL SOUZA NAJAR, Mtra.	Miembro
Ing. JORGE ENRIQUE CORNEJO ORBE	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas:


Satisfactoriamente


El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: Aprobada con la calificación Buena

Estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Químico** Siendo las diez y nueve horas se dió por terminado el acto de sustentación

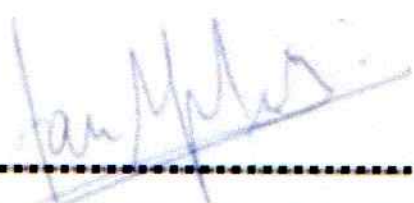

.....
Ing. JOSÉ ANTONIO SOPLIN RÍOS, Dr.
Presidente


.....
Ing. ROSA ISABEL SOUZA NAJAR, Mtra.
Miembro


.....
Ing. JORGE ENRIQUE CORNEJO ORBE
Miembro


.....
Ing. LAURA ROSA GARCÍA PANDURO
Asesor.

JURADO



.....
Ing. JOSÉ ANTONIO SOPLÍN RÍOS (Dr.).

PRESIDENTE



.....
Ing. ROSA ISABEL SOUZA NÁJJAR (Mtra.).

MIEMBRO



.....
Ing. JORGE ENRIQUE CORNEJO ORBE

MIEMBRO



.....
Ing. LAURA ROSA GARCÍA PANDURO

CIP: 23792

ASESOR.

DEDICATORIAS

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Ha sido un honor para nosotros haber compartido parte de nuestro tiempo y formación con el Ing. **CESAR AUGUSTO SAENZ SANCHEZ**, quien con sus enseñanzas y sapiencia nos dejó el legado de nuestro trabajo, que el Señor nuestro Dios lo tenga a su diestra.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A mi pequeño hijo Vazco César Pérez Gil para que siga la senda del estudio y el éxito.

A nuestros hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Leonidas Gil y María García
Por su dedicación y apoyo para poder
Culminar con éxito mis estudios.
A mis hermanos, quienes con su apoyo
Y colaboración para la culminación de mi
Trabajo.

ETHEL JAHAYRA

A mis padres Florián Jacinto Trebejo y
Elenita Canaquiri por apoyarme en mis
Estudios y contribuir en la culminación
de mi tesis.

CHARLES FERNANDO

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Bases teóricas	13
1.3 Definición de términos básicos	17
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	31
2.1 Formulación de la hipótesis	31
2.2 Variables	31
CAPÍTULO III: METODOLOGIA	32
3.1 Tipo y diseño	32
3.2 Diseño muestral	32
3.3 Procedimiento de recolección de datos	32
3.4 Procesamiento y análisis de datos	36
3.5 Aspectos éticos	47

CAPITULO IV: RESULTADOS	48
CAPITULO V: DISCUSIONES	56
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	57
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	58
CAPITULO VIII: REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	59
ANEXOS	62
Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	
Anexo 02: TABLA DE INDICE DE WILLCOMB	63
Anexo 03: EQUIPOS DE LABORATORIO	64
Anexo 04: MATERIALES Y REACTIVOS DE LABORATORIO	66
Anexo 05: GALERÍA DE FOTOS	67

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
CUADRO 01: Agua Cruda	36
CUADRO 02: Policloruro de aluminio	37
CUADRO 03: Almidón de yuca de 20 ml	38
CUADRO 04: Almidón de papa con dosis de 20ml	39
CUADRO 05: Almidón de sachapapa morada con dosis de 20 ml	40
CUADRO 06 : Almidón de yuca /Policloruro de Al^{+3}	41
CUADRO 07 : Almidón de papa blanca /Policloruro de Al^{+3}	42
CUADRO 08 : Almidón de sachapapa morada/Policloruro de Al^{+3}	43
CUADRO 09: Almidón de yuca con dosis de 10ml	44
CUADRO 10: Almidón de papa blanca con dosis de 10ml	45
CUADRO 11: Almidón de sachapapa morada con dosis de 10ml	46
CUADRO 12: Policloruro de aluminio con el porcentaje de remoción	48
CUADRO 13: Dosis óptima de yuca	49
CUADRO 14: Dosis óptima de papa blanca,	49
CUADRO 15: Dosis óptima de sachapapa- morada	49
CUADRO 16 : Almidón de yuca /Policloruro de Al^{+3}	50
CUADRO 17: Almidón de papa blanca /Policloruro de Al^{+3}	50
CUADRO 18: Almidón de sachapapa-morada /Policloruro de Al^{+3}	50
CUADRO 19: Dosis óptima con 10 ml	51
CUADRO 20: Dosis óptima con 10 ml	51
CUADRO 21: Dosis óptima con 10 ml	51
CUADRO 22: Sulfato de aluminio Al^{+3} con dosis de 10ml	52
CUADRO 23: Almidón de yuca / sulfato de aluminio con dosis de 10 ml	53
CUADRO 24: Almidón de papa / sulfato de aluminio con dosis de 10 ml	54
CUADRO 25: Almidón de sachapapa/ sulfato de aluminio con dosis de 10 ml	55

INDICE DE GRAFICOS

	PÁG.
N°	
01 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con policloruro de Aluminio	6
02 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con almidón de Yuca	37
03 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con almidón de Papa blanca	38
04 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con almidón de Sachapapa morada.	39
05 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua Con la mezcla de policloruro y 20 ml almidón de Yuca	40
06 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de policloruro y 20 ml de almidón de Papa blanca	41
07 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua Con la mezcla de policloruro y20 ml de almidón de Sachapapa morada.	42
08 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua Con la mezcla de policloruro y 10 ml de almidón de Yuca	43
09 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de policloruro y 10 ml de almidón de Papa blanca	44
10 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua Con la mezcla de policloruro y 10 ml de almidón de Sachapapa morada.	45
11 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con sulfato de Aluminio.	46
12 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua Con la mezcla de sulfato y 10 ml de almidón de Yuca	47
13 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de sulfato y 10 ml de almidón de Papa blanca	48
14 Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua Con la mezcla de sulfato y 10 ml de almidón de Sachapapa morada.	49

RESUMEN

En el presente trabajo se plantea como objetivo “Usar tres tubérculos: Yuca (*M. Esculenta Crantz*), Papa Blanca (*S. tuberosum* L.) y Sacha Papa Morada (*D. trifida*), como coagulantes durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos”. Extraer almidón, para ser evaluados como coagulantes y seleccionar por la prueba de jarras de los almidones, la dosis óptima.

Comparar el comportamiento del almidón extraído de las tres especies de tubérculos con el coagulante policloruro de aluminio que se utiliza actualmente en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Iquitos. Se usó la **metodología** Descriptiva-Experimental, para especificar las propiedades, características y rasgos importantes de los indicadores del proyecto.

Al analizar tres variables: pH, color y turbiedad al agua tratada con los coagulantes extraídos mediante la prueba de Jarras, se observa que solo uno de ellos cumple con lo esperado, es decir dá mejor resultado; valorando su calidad en la fase de tratamiento y distribución. En el primer caso, con análisis físicos y químicos del agua cruda, respecto de los parámetros a evaluar son: Turbiedad = 25,8 NTU; pH = 5,77. Del agua tratada: Turbiedad y pH, para cada uno de los almidones de los tubérculos ensayados son:

Papa Blanca	pH=5.20	Turbiedad = 10.9;
Yuca	pH=5.56	Turbiedad = 8.6.
Sacha Papa Morada	pH=5.21	Turbiedad = 6.5.

Los resultados demuestran, que el almidón del tubérculo indicado, como mejor coagulante, en presencia de Policloruro de Aluminio, es la **sacha papa morada** El trabajo de investigación, **concluye** indicando, que el tubérculo con mejor Coagulación y por ende con mejor costo, fue la **sacha papa morada**.

ABSTRACT

The objective of this work is to “Use three tubers: Yucca (M. Esculenta Crantz), White Potato (S. tuberosum L.) and Sacha Papa Morada (D. trifida), as coagulants during the purification of water in the plant of drinking water treatment in Iquitos ”. Extract starch, to be evaluated as coagulants and select the optimal dose for the starch jar test.

To compare the behavior of the starch extracted from the three species of tubers with the polychloride aluminum coagulant that is currently used in the drinking water treatment plant in the city of Iquitos. The Descriptive-Experimental methodology was used to specify the properties, characteristics and important features of the project indicators.

When analyzing three variables: pH, color and turbidity to the water treated with the coagulants extracted by means of the Jar test, it is observed that only one of them complies with the expected4 that is, it gives better results; assessing its quality in the treatment and distribution phase. In the first case, with physical and chemical analyzes of the raw water, the parameters to be evaluated are:

Turbidity = 25.8 NTU; pH = 5.77. Of the treated water: Turbidity and pH, for each of the starches of the tested tubers are:

White Potato pH = 5.20 Turbidity = 10.9;

Yucca pH = 5.56 Turbidity = 8.6.

Sacha Papa Morada pH = 5.21 Turbidity = 6.5.

The results show that the starch of the indicated tuber, as the best coagulant, in the presence of Aluminum Polychloride, is the purple sachapa. The research work concludes indicating that the tuber with the best coagulation and therefore with the best cost, was the purple sachapa.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua, es una preocupación creciente en todas partes del mundo, más aun en los países en vías de desarrollo y las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de contaminación, con consecuencias de gran alcance, para la salud de niños y el desarrollo económico y social de comunidades y naciones. La falta de acceso a agua limpia y retretes básicos afecta a las mujeres y las niñas de manera desproporcionada (**UNICEF-2015**).

En 2010, el mundo cumplió la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio con respecto al acceso al agua potable, medido por un indicador indirecto: el acceso a fuentes de agua mejoradas. Sin embargo, todavía queda por alcanzar la meta relativa al saneamiento. El mundo ha alcanzado la meta de los ODM relativa al acceso al agua potable. En 2012, el 90% de la población disponía de fuentes mejoradas de agua de bebida, en comparación con el 76% en 1990. Sin embargo, los progresos han sido desiguales en las diferentes regiones, entre las zonas urbanas y rurales, y entre ricos y pobres.

En este siglo, la falta de agua, para, el consumo humano, de saneamiento y de higiene, es uno de los principales y urgentes problemas relacionados con la salud, prácticamente, la décima parte de la carga global de enfermedades, podría prevenirse mejorando el abastecimiento de agua, el saneamiento, la higiene y la gestión de los recursos hídricos. Optimizar la gestión de los recursos hídricos, para, reducir la carga de enfermedades transmitidas por vectores (como las complicaciones víricas transmitidas por los mosquitos) y asegurar la salubridad de las aguas, para, uso recreativo y otros, podría salvar muchas vidas y tiene unos beneficios directos e

indirectos muy importantes, que, van desde la perspectiva microeconómica de las familias, a la macroeconómica de las economías nacionales Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), se logró reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso al agua potable antes de 2015; sin embargo, por lo menos el 11% de la población mundial no tiene acceso aún al agua potable **(OMS, 2015)**.

Los recursos hídricos del planeta están sometidos a contaminación física, química y/o biológica, con el avance de la actividad humana (industria, agricultura, ganadería, entre otras), el crecimiento demográfico, el desarrollo de las ciudades y la falta de medidas y programas, para, dar respuesta a dichos cambios, genera un ambiente que favorece al avance de la contaminación, que, debido a esto, se deben tomar acciones para, descontaminar los efluentes y debe ser cada vez más urgente, siendo necesario la búsqueda de nuevas alternativas basadas en investigaciones sobre diferentes sistemas de tratamiento de aguas, que, faciliten una mejor calidad y una protección adecuada de los recursos hídricos **(SÁNCHEZ ET AL, 2011)**.

La contaminación de las aguas, es una de las causas de millones de muertes infantiles cada año en el mundo en desarrollo, por lo que, es necesario potabilizar el agua con tratamientos elementales, como, la clarificación, desinfección, acondicionamiento químico y organoléptico; donde, la clarificación, es una etapa importante en la potabilización del agua cruda, que, incluye el proceso de coagulación-floculación, en el cual, las partículas presentes en el agua, se aglomeran formando pequeños gránulos, con un peso específico mayor; de esta forma, las partículas sedimentan y ocurre la remoción de los materiales en suspensión, lo que,

permite que, el agua alcance las características físicas y organolépticas idóneas, para el consumo humano, según las normas y estándares de salud pública (**RODRÍGUEZ ET AL, 2002**).

Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas. Son de diversos tipos, incluyen semillas en polvo del árbol Moringa olifeira, tipos de arcilla tales como la bentonita, el polvo de pepas de durazno, las habas, penca de tuna y una de las más antiguas es la fariña obtenida de la planta conocida como **mandioca o yuca (OKUDA-2001)**.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Antecedente Regional

MACK MIULER PILCO CORAL Y JORGE ARMANDO SIFUENTES DA SILVA, en 2014, desarrolló una tesis titulada: “VALOR NUTRICIONAL DE LAS ESPECIES VEGETALES Calathea allouia (Dale Dale) y Dioscorea trífida (Sachapapa morada)” con el **objetivo** de determinar el valor nutricional de las especies vegetales Calathea allouia (Dale dale) y Dioscorea trífida (Sacha papa morada). En la **metodología**, se utilizó una muestra de 50 g para cada experimento las mismas que fueron lavadas y picadas para los ensayos a realizarse en las pruebas de determinación de Humedad, Proteínas, Grasas, Carbohidratos, Fibras, Cenizas, Minerales Ca^{+2} Mg^{+2} , PO_2 , Fe^{+2} , Na^{+1} , K^{+1} , pH, Ácido ascórbico y aminoácidos. Los **resultados** en sacha papa. Humedad 76,19 g; Proteínas 4,24 g; Grasas 1,07 g Carbohidratos 9.66 g. En dale dale Humedad 84,42 g; Proteínas 2,55 g; Grasas 1,2 g; Carbohidratos 4,94g; En minerales sacha papa morada: calcio 0,02 mg, magnesio 0,0011 mg, fósforo 0,001 mg, hierro 0,0038 mg, Sodio 0,0023, Potasio 0,0019, vitamina C 0,0014 mg y pH 6,5. Dale Dale: calcio 0,059 mg, magnesio 0,002, fósforo 0,002 mg, hierro 0,0044 mg, Sodio 0,0028 mg, Potasio 0,0024 mg, vitamina C 0,00012 mg, y el pH 6,3. Los valores energéticos de la sacha papa morada es 65,23 Kcal del dale dale 40,76 Kcal. Son tubérculos que tienen nutrientes aceptables para el consumo humano como macronutrientes y micronutrientes presentes en ellas.

JHONY JAMES ESCUDERO CONTRERAS, en 1998, presentó como **Tesis de grado**: Uso de polímeros naturales como ayudante de floculación en el tratamiento de agua para consumo humano, Iquitos, Loreto, Perú. El **objetivo** del trabajo, se enfoca en mostrar las ventajas del almidón de yuca (polímero natural), como ayudante de floculación el tratamiento de agua. La **metodología** se basó en el uso de hidróxido de sodio en una relación 1:5 (NaOH-Almidón). Los ensayos se dividieron en tres etapas. En la primera etapa, para evaluar la dosis optima del sulfato de aluminio y la dosis más conveniente de almidón de yuca. La segunda etapa, son ensayos de floculación bajo las mismas condiciones de control, pero variando el tiempo de sedimentación para determinar la sedimentabilidad de los flóculos. En la tercer etapa, se realizaron los ensayos para fijar el tiempo de floculación y de sedimentación, variando la gradiente de velocidad (floculación), desde 30 s hasta 140 s, con el objeto de encontrar la gradiente de velocidad más adecuada, para cada muestra a tratar. Los **resultados** indican, que el almidón de yuca posee características muy buenas, como ayudante de floculación, permitiendo la formación de flóculos más denso y provocando velocidad sedimentación mayor que cuando se usó sulfato de aluminio.

1.1.2 ANTECEDENTE NACIONAL

BRAVO GMMDF, en 2016, presento su tesis de grado titulado: Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del río Pollo en Otuzco empleando semilla de *Caesalpinia spinosa* (Tara), Trujillo-Perú.

El **objetivo**, es utilizar de floculante natural, extraído de semillas autóctonas de Tara, para descontaminar agua de río, mediante el método de prueba de jarras, que, permitió, determinar la concentración de floculante y las velocidades de agitación óptimas.

En la **metodología**, consideró variables evaluadas a la concentración de floculante (2000 ppm y 3000 ppm, la velocidad de agitación rápida de 200 rpm 300 rpm y velocidad de agitación lenta de 30 rpm y 45 rpm), DBO₅, DQO y STS. En **conclusión**, la goma de Tara, se usó para remover la turbidez inicial de 42,6 NTU a valores de 8,92 NTU, con una concentración de tara de 3000 ppm y velocidad de 200 rpm, durante 1,5 min; velocidad de agitación lenta de 45 rpm, durante 25 m. La remoción de turbidez alcanzó hasta 79,06 %; DQO 821 mg/L hasta 509 mg/L, DBO₅ desde 455 mg/L hasta 257 mg/L y STS desde 41 mg/L hasta 34 mg/L; todos, a un pH aproximadamente neutro.

AGUILAR AEA, en 2010, presentó su tesis titulada: Utilización de las semillas de Tara (*Caesalpinia spinosa*), como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas, Lima-Perú. El **objetivo** del trabajo, fue usar goma de Tara (Inocuo para las personas), como ayudante de coagulación, por su bajo costo, en comparación con polímeros sintéticos. Se usó para diversas aplicaciones en alimentación y la industria y por ende en el tratamiento de aguas. Usó el **método** de jarras, con agua sintética de laboratorio; con turbiedades de 390

UNT 25 UNT, se les agregó sulfato de aluminio, como coagulante primario y luego, se agregó la goma de Tara, para mejorar su rendimiento. **Concluyo**, que, la goma de Tara, permite mejores flóculos y mejor sedimentación, permitiendo el ahorro de sulfato de aluminio.

CLAUDIA CRISTINA NÚÑEZ ÁLVAREZ, en 2014, desarrolló su Tesis titulada: **Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina, Lima-Perú**. El presente trabajo de investigación tuvo por **objetivo** desarrollar un procedimiento de recuperación de sólidos del agua de cola, con bajos contenidos de histamina, utilizando la técnica fisicoquímica de coagulación-floculación y caracterizar el lodo recuperado, el líquido residual y los sólidos recuperados (lodo seco). La **metodología** usada, demostró que fue posible la recuperación de sólidos del agua de cola utilizando la técnica fisicoquímica de coagulación-floculación con bajos contenidos de histamina. La reducción del contenido de histamina en el lodo recuperado fue de 70,6 % respecto al contenido inicial en el agua de cola. El empleo de 5 ml del Compuesto C (coagulante) y 10 ml del Compuesto H (floculante), permitió reducir la turbidez del líquido residual del agua de cola separada por decantación natural de 33,838 NTU hasta 49,1 NTU, ello representó una reducción de 99,85 %. Para el caso de separación con centrífuga, la reducción fue de 99,7 %. La relación óptima del coagulante: floculante: agua de cola, en el proceso fisicoquímico de floculación, fue de 1:2:20.

Los **resultados** indican, que el balance de materia, los sólidos en el lodo recuperado fueron de 38,63 % de los sólidos totales presentes en el agua de cola, el remanente de los sólidos (61.37%) permaneció en el líquido residual. No se encontró presencia de magnesio, plomo, arsénico y cromo en el lodo recuperado. Así mismo, el análisis microbiológico de E. coli y Salmonella fue negativo. En el líquido residual no se encontró presencia de plomo, cromo, arsénico, mercurio y aluminio; el contenido de cadmio fue 0.08 ppm y 8,871.5 ppm de cloruros y el análisis microbiológico de E. coli y Salmonella fue negativo. Adicionalmente, el líquido residual presentó 38 000 mg/L de DBO₅ y 58 764 mg/L de DQO y deben ser tratados para cumplir con los límites permisibles o rangos de calidad reglamentados por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. El contenido de proteína en los sólidos recuperados fue similar al que presenta la harina de pescado de tipo FAQ. El aminograma realizado en los sólidos recuperados del agua de cola indicó que el triptófano fue el aminoácido limitante, por lo cual es recomendable que los sólidos recuperados se reintegren al proceso productivo de harina de pescado

1.1.3 Antecedente internacional

RUDY SOLÍS SILVAN, en 2012, realizó un trabajo titulado: Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales Rev. Int. Contam. Ambie. 28 (3) 229-236, 2012. El objetivo del estudio, fue el de comparar mezclas con potencial coagulante compuestas

por almidón de yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ) y sulfato de aluminio grado comercial, que, permitirían reducir la cantidad sulfato de aluminio usado en plantas de tratamiento de agua. La **metodología** se hizo mediante uso de la prueba de jarras y dando como **resultado**, la determinación de la dosis óptima del sulfato de aluminio (30 mg/L, tratamiento 1), en la clarificación de una muestra de agua de río (color de 85 CU, turbiedad de 70 NTU y pH de 6.8). Esta dosis, sirvieron como base para la preparación de seis mezclas con distintas composiciones de almidón y sulfato de aluminio (tratamientos 2 a 7); donde, en cada tratamiento se midieron tres parámetros fisicoquímicos relevantes en ensayos de coagulación-floculación: color, turbiedad y pH. Además, los resultados indican que la mayor reducción de color (94 % de eficiencia), se obtuvo con el tratamiento 2 (2 mg/L de yuca más 28 mg/L de sulfato de aluminio). La remoción de color en los tratamientos 3 y 4 (4 mg/L de yuca más 26 mg/L de sulfato de aluminio y 6 mg/L de yuca más 24 mg/L de sulfato de aluminio, respectivamente), son estadísticamente iguales al tratamiento 1, de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Dunnett. En cuanto a la remoción de turbiedad, se observa que los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Dunnett, con una reducción del 98,7 y 97,9 % respectivamente. Finalmente, el pH, no varió significativamente para todos los tratamientos. En **conclusión**, las partículas suspendidas confieren color y

turbiedad indeseable a las aguas superficiales y el uso de agentes químicos como el sulfato de aluminio, permite remover una proporción significativa de los sólidos suspendidos, clarificando el agua para su potabilización posterior.

OSPINA Y RAMIREZ, en 2011, en su trabajo titulado: Estudiar del samán o árbol de lluvia (*Pithecellobium saman*), como coagulante natural, siendo el **objetivo**, estudiar el samán o árbol de lluvia (*Pithecellobium saman*), como coagulante natural. En la **metodología**, usaron agua turbia cruda del río Combeima, que, abastece al acueducto urbano de la ciudad de Ibagué, con valores de turbidez de 1500 NTU. El **resultado** indica, que la dosis óptima del coagulante, resultó entre 36-105mg/L, obteniendo disminuciones significativas en los valores de turbidez entre (3-5 NTU), prescritas en la norma, demostrando, así, la eficiencia de este coagulante natural.

RAMÍREZ, en 2011, en su trabajo titulado: Encontrar en aguas de la quebrada La Salada (municipio de Caldas, Colombia), que, algunas especies como *Malvaviscus arboreus*, *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus*, presentaban efectos floculantes. Presenta como **objetivo**, encontrar en aguas de la quebrada La Salada (municipio de Caldas, Colombia), que, algunas especies como *Malvaviscus arboreus*, *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus*, presentaban efectos floculantes. En la **metodología**, trabajaron con tipo de material vegetal (seco

o fresco) y con concentraciones del floculante orgánico (10, 20, 30, 40, 50 y 60 mL). Los **resultados** indican que, *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus* presentaron poder de floculación (Valor P: 0,017): al aumentar la concentración de floculante aumentó la floculación (Valor P: 0,08), y que el almacenaje no alteró los efectos de las especies sobre el proceso de floculación (Valor P: 0,7813).

ALVARADO, en 2013, realizó un trabajo de investigación en la Universidad Abierta y a Distancia UNAD, titulado: Comparación de mezclas de cáscaras de papa y sulfato de aluminio; cuyo **objetivo** se orientaba a evaluar, qué, formulación era la más adecuada como agente coagulante en el tratamiento de aguas potables. La **metodología** consistió en encontrar la dosis óptima del sulfato de aluminio (8 mg/L, formulación patrón), en la clarificación de una muestra de agua del río Cané y la quebrada Colorada (color de 41 UPC, turbiedad de 2 NTU y pH de 7,76) y se comparó con las otras formulaciones de cáscaras de papa y sulfato de aluminio. Los **resultados** indican que la mayor reducción de color se obtuvo con el tratamiento 3 (2,5 g de cáscaras de papa) y lo mismo para el pH 7,46.

GUZMÁN et al, en 2007, realizó un trabajo con el **objetivo** de probar las semillas de Cañafístula (*Cassia fistula*) en la Universidad de Cartagena, una planta nativa de la región y fuente de alimento.

La **metodología** consistió en que, el agua, fue recolectada en el canal del Dique. Los **resultados** permitieron establecer una dosis óptima de 20 mg/L, para un mismo volumen de control, además, este agente coagulante no afectó de manera significativa el pH, la alcalinidad total y dureza total del agua cruda tratada. La remoción de la turbidez, fue del 95% y de color del 87,5%, las cuales, son comparables por la normativa vigente en ese año

SOLÍS et al, en 2012, desarrolló un trabajo con el **objetivo** de comparar mezclas con potencial coagulante, compuestas por almidón de yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ) y sulfato de aluminio, grado comercial, que, permitirían reducir la cantidad sulfato de aluminio, usado en plantas de tratamiento de agua. La **metodología** consistió que, mediante el uso de la prueba de jarras, determinar la dosis óptima del sulfato de aluminio (Tratamiento 1, con 30 mg/L), en la clarificación de una muestra de agua de río (color de 85 CU, turbiedad de 70 NTU y pH de 6.8). Los **resultados** indicaron, que, la mayor reducción de color (94 % de eficiencia), se obtuvo con el tratamiento 2 (2 mg/L de yuca, más, 28 mg/L de sulfato de aluminio).

SHAHRIARI et al, en 2012, realizaron un trabajo de investigación con el **objetivo** de emplear mezclas de almidón con cloruro férrico (FeCl_3), y el método alcanzó a tratar agua preparada a partir de caolinita con turbiedad inicial de (50 y 100 NTU).

Los **resultados** mostraron, que, la dosis óptima, para, la remoción de turbiedad, fue de 10 mg/L de FeCl₃ más 0,2 mg/L de almidón, equivalente a una proporción 1:0.02. Empleando esta dosis óptima, la combinación de los agentes, permitió eficiencias de remoción de turbiedad de 86,5 % y 92,4 % a un pH =7, para, turbiedades iniciales de (50 y 100 NTU), respectivamente.

VANDAMME et al, en 2010, desarrollaron u trabajo de investigación con el **objetivo** de evaluar el potencial del almidón catiónico, como, un floculante. En la **metodología**, se colectó micro algas realizando los experimentos en las pruebas de jarra. El **resultado**, demostró que, el almidón catiónico, fue un eficiente floculante, para, agua de río (Parachlorella, Scenedesmus), pero, no para micro algas marinas (phaeodactylum, nannochloropsis).

MAJZOABI et al, en 2009, realizaron un trabajo de investigación con el **objetivo** de modificar las propiedades de los almidones, las aplicaciones, como agentes floculantes, pueden mejorar ya que se lleva a cabo un cambio en su estructura molecular. En la **metodología**, se determinó, la modificación de los almidones, mediante procesos químicos, físicos, enzimáticos, genéticos o sus combinaciones. Entre las diferentes técnicas, para, la modificación de almidones, los métodos químicos, son las técnicas más comúnmente utilizadas.

Dicha modificación química, involucra la introducción de algunos grupos funcionales, entre las moléculas del almidón. Como **resultados**, se establecieron cambios en las propiedades fisicoquímicas de los almidones. El almidón entrecruzado es un ejemplo de almidón modificado.

1.2 Bases teóricas

El almidón, como agente floculante, es un compuesto localizado en raíces, tubérculos, frutas y semillas de las plantas. Polisacárido, sintetizado a partir del dióxido de carbono, tomada de la atmósfera y el agua del suelo, formada por una mezcla de dos sustancias: la amilasa y el amilopectina, que, sólo difieren en su estructura (**MÉNDEZ, 2010**).

Los polímeros naturales, como almidón y celulosa, han sido investigados como una alternativa atractiva en los procesos de coagulación-floculación, para, la remoción de partículas suspendidas y coloidales y una de las ventajas, es que dichos polímeros naturales y sus derivados, son biodegradables. Entre los más utilizados se encuentran los polisacáridos extraídos de los almidones de la papa, yuca y maíz (**SHOGRÉN, 2009**).

Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas. Son de diversos tipos, incluyen semillas en polvo del árbol Moringa olifera, tipos de arcilla tales como la bentonita, el polvo de pepas de durazno, las habas, penca de tuna y una de las más antiguas es la fariña obtenida de la planta conocida como **mandioca o yuca** (**OKUDA, 2001**).

La penca o tuna, es una especie que alcanza gran porte y crecer hasta 12 m de alto. Presenta un tronco principal grueso y leñoso, que, se caracteriza por la presencia de frutos ovoides, lisos de color verde, aun cuando estén maduros y sus flores son verdoso-rosadas, no mayores de 10 cm de largo, ramas con ondulaciones longitudinales, de 8 a 20 costillas. El coagulante de origen orgánico *Cactus lefaria*, ha sido ampliamente usado en los estados de Lara y Falcón, como sustituyente del sulfato de aluminio, en el proceso de clarificación del agua. Se realizaron investigaciones para evaluar la eficiencia de *Cactus lefaria*, como coagulante natural, preparando aguas turbias sintéticas con valores de turbidez iniciales de 20 a 150 UNT y demuestran, que la planta remueve la turbidez entre un 80 y 90 %. En localidades rurales o apartadas, se emplea el cactus como un clarificador natural, siguiendo la metodología establecida en el libro "Tecnologías Apropriadas en Agua Potable y Saneamiento Básico".

Mandioca (Yuca)

Manihot esculenta, pertenece a la familia Euphorbiaceae, constituidas por unas 7200 especies, que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactositos. La monoica, de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 5 m, aunque la altura máxima generalmente no excede los 3 m. Estudios hechos, demostraron que plantas con alto contenido de almidones como el platano o la yuca son buenos en el proceso de coagulación-floculación en lixiviados (**CEBALLOS-2002**)

Moringa oleífera

Moringa oleífera, es una de las plantas en los que más se han hecho estudios en la evaluación como coagulante natural y la utilización de las semillas de moringa molidas, ha dado muy buenos resultados en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas y la remoción de bacterias. Las semillas de Moringa, evita las millones de muertes que ocasiona anualmente el agua contaminada; estas semillas poseen una sustancia coagulante y floculante, que captura las partículas en suspensión en el agua y provocan que se precipiten y se emplean también artesanalmente moliéndolas y en gran escala para purificar el agua. Se han realizado varios trabajos en el mundo y en los últimos años en el Perú, en la utilización de productos naturales, cuyas características y propiedades permiten su empleo como coagulante y floculantes primarios y/o ayudantes en el tratamiento de agua. (ARNAL-2006; BABU-2005).

Semilla de Durazno y Habas

Prunus pérsica; su fruto, llamado melocotón, pisco,ectarina, pelón o durazno, contiene una única y gran semilla encerrada en una cáscara dura las cuales son molidas para obtener un polvo que va actuar como coagulante. Por tanto y por las razones establecidas, el proyecto de investigación plantea sus objetivos al logro y/o uso de cuatro tubérculos: Yuca (M. esculenta CRANTZ), Sacha papa morada (d. trífida), Dale-dale (C. allouia AUBL. LINDL) y Papa blanca (S. tuberosum L.), como coagulantes durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos, teniendo en cuenta, lo establecido en el

planteamiento del problema, para, usar tubérculos en la coagulación durante la potabilización del agua...y de acuerdo con las variables planteadas en el proyecto, buscando el contenido de almidón de cuatro tubérculos de la región. (Galvis Ramírez, M. 2011)

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Iquitos, se ubica cerca de las orillas del río Nanay, de donde capta el agua necesaria, para ser tratada y potabilizada, luego, es distribuida a través de las redes, no solo a la ciudad de Iquitos, lo hace, también, a los distritos de San Juan, Punchana y Belén, con una capacidad de 1550 L/s o 3 024 238,00 M³/mes y tiene por objetivos, Garantizar la calidad del agua potable, propendiendo al desarrollo socio económico de la Población, incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, participando en el desarrollo socio económico de la población servida, mejorar la eficiencia de ventas y la eficacia de la recaudación y lograr una gestión administrativa y financiera racionalizadora de costos. La potabilización del agua, se realiza, cuando el agua cruda se capta directamente de la fuente superficial (Río Nanay). El Sistema Convencional, inicia el proceso dosificando el agua cruda hacia las cámaras de floculación, de ellas pasan a los sedimentadores de sólidos en suspensión, el control de su acidez, Pre-Cloración y procesamiento en agua potable, luego, son bombeados a los reservorios, para, su distribución a la ciudad. En las Plantas nuevas, el proceso se inicia en los dosificadores de sulfato y cal, continuando en el clarificador (Reacción y Decantación) y/o concentrador de sólidos, y derivándose, por gravedad a los reservorios de almacenamiento.

En Iquitos, las 04 Plantas conducen inicialmente el agua ya tratada, hacia dos galerías de 06 filtros cada una, para limpieza final de materia orgánica. La desinfección tiene 02 etapas: Pre-Cloración, en la conducción del agua a los reservorios y pos cloración, al bombeo del agua a la ciudad.

1.3 Definición de términos básicos

1.3.1. Potabilización del agua

Proceso que comprende la captación, la mezcla con sustancias coagulantes y reactivas, la decantación y separación de arenas, la floculación, la sedimentación, la filtración y la desinfección por cloro, ionización, carbón activado o cualquier otra tecnología, cada vez resulta más caro en términos económicos y ambientales. Beber agua limpia requiere un esfuerzo coordinado para proteger de contaminantes este recurso que, por definición, debería de ser inodoro, insípido e incoloro (Rubio Manuel, 2002)

La potabilización del agua en fuentes superficiales, al estar expuesta a sustancias dañinas, presenta un sistema complejo de potabilización. El modo común de potabilizar el agua de una fuente superficial, es el río y tomaremos esta fuente, para explicar cómo se obtiene agua potable. El proceso de potabilización del agua, consta de 8 pasos (Azuquita, 2012)

- a. **Río:** El agua para potabilizar y sea apta para el consumo humano, se obtiene de fuentes superficiales (ríos, lagos, diques) o fuentes subterráneas (aguas de perforación).

- b. Toma:** Se capta el agua mediante un sistema de rejas y compuertas, que retienen los materiales de gran tamaño (palos, maderas, plásticos, etc.), para evitar que entren al acueducto o canal abierto, que conduce el agua hacia el establecimiento potabilizador.
- c. Pre-sedimentador:** el agua circula lentamente, para que la arena y otros sólidos pesados en suspensión, caigan al fondo. El agua, con menos material suspendido, pero todavía turbia, se desborda por la parte superior de las piletas y pasa a otra etapa.
- d. Agregado de coagulantes:** Las partículas en suspensión, que no caen por su propio peso, son tratadas con productos químicos (cal y sulfato de aluminio), para que se agrupen en pequeñas pelotitas, llamadas flóculos.
- e. Flocculador:** En este equipo, el agua cambia de velocidad y se agita con paletas o canales en forma de serpentín, permitiendo que los flóculos pequeños, se mezclen y formen flóculos más grandes y pesados.
- f. Sedimentador:** Estas piletas, permiten que los flóculos, ya grandes, caigan al fondo por su propio peso. En el tramo final de las piletas, hay vertederos que toman las capas superiores de agua más clara y la envían al siguiente equipo.
- g. Filtro:** Todo lo que no precipitó en el sedimentador, es retenido en el filtro. Los filtros, son piletas con un manto de arena y piedritas que retienen partículas, microorganismos y flóculos, que no precipitaron en el sedimentador.

El agua, entra por encima del filtro y por efecto de su peso, cae por el manto filtrante hacia abajo. El agua clara, que sale, es enviada mediante cañerías a la etapa de desinfección.

h. Reserva y desinfección: En un tanque, donde el agua limpia se acumula y desinfecta, para ser distribuida a los usuarios. La desinfección, se hace con cloro, que es un gas, que elimina todas las bacterias patógenas, que aún quedan.

1.3.2. Factores que influyen en el proceso de coagulación y floculación.

Las interrelaciones entre cada uno de ellos, permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes para adicionar al agua

Coagulación

La coagulación química consiste en adicionar al agua una sustancia que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover, lo que neutraliza la carga eléctrica de los coloides para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso.

Los coagulantes más efectivos son las sales trivalentes de aluminio y fierro. Las condiciones de pH y alcalinidad del agua influyen en la eficiencia de la coagulación. Este proceso se utiliza principalmente para remover la turbiedad y el color. (De Vargas L. 2004)

Floculación

Consiste en la aplicación de agitación suave, a la corriente que ha sido sometida a una etapa de coagulación, para promover el contacto entre las partículas y posterior formación de partículas

mayores. La floculación, es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes, que, pueden ser depositados, llamados flóculos. La adición de otro reactivo llamado floculante o una ayuda del floculante pueden promover la formación del flóculo.

Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería. Los compuestos que pueden estar presentes en el agua pueden ser:

- Sólidos en suspensión
- Partículas coloidales (menos de 1 micra), gobernadas por el movimiento browniano.
- Sustancias disueltas (menos que varios nanómetros)

Índice de Willcomb

Esta prueba permite determinar el mejor coagulante, que es el que reduce en mayor porcentaje los niveles de turbidez y color del agua cuando es combinado con una dosis constante de floculante. Su evaluación se basa en la observación visual y se compara con la tabla. (Anexo 02)

1.3.3. Calidad del agua tratada o potable

En cuanto a la **calidad**, el agua, tiene que ser salubre y no contener microorganismos o sustancias químicas o radioactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas, además debe tener color, olor y sabor aceptables, para cada uso personal o doméstico.

De esta forma, el agua para la ingesta humana, debe ser potable, libre de sustancias peligrosas para la salud. Para los demás usos, el agua no necesariamente debe ser potable. Y en cuanto a la **cantidad**, expone que el abastecimiento de agua, debe ser suficiente para los usos personales y domésticos, entre los que están incluidos el consumo, saneamiento, preparación de alimentos e higiene personal y doméstica. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, de 50 a 100 litros diarios por persona son suficientes para cubrir las necesidades básicas, estableciendo 20 litros de agua potable por persona como la cantidad mínima, por debajo de la cual, se entiende que no existe un abastecimiento de agua digno. Para ello, es necesario tratar en detalle las principales características físico-químicas y bacteriológicas, que definen la calidad del agua, el origen de los constituyentes. Se consideran:

- **Parámetros físicos**, llamadas así, porque, pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (turbiedad; sólidos solubles e insolubles; color; olor y sabor, temperatura y conductividad eléctrica).
- **Parámetros químicos**, el agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos, para el tratamiento del agua cruda, con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor (Alcalinidad, pH, Dureza, Nitritos y nitratos, Aluminio, Bario, Cadmio, Cinc,

Cloruro, Hidrocarburos, Hierro, Materia orgánica, Mercurio, Oxígeno disuelto, Plomo, Aceites y grasas).

1.3.4. Propiedades y/o Características del agua tratada

- **Físicas:** Son perceptibles por la vista, olfato o gusto y tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua:
 - ✓ **Color:** Esta característica del agua está ligada a la turbidez. Se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos.
 - ✓ **Olor y sabor:** El sabor y el olor, están estrechamente relacionados y constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.
 - ✓ **Temperatura:** Parámetros importante, influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.
 - ✓ **Turbidez:** Originada por partículas en suspensión o coloides y causada por las partículas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

- **Químicas:**

- ✓ **pH:** Influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución, no tiene efectos directos sobre la salud, pero, influye en el proceso de coagulación y desinfección. En las aguas naturales, el pH está en el rango de 6 a 9.
- ✓ **Aluminio:** Componente natural del agua, porque, forma parte de la estructura de las arcillas y es responsables de la turbidez del agua. Aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, aparecen con un pH bajo.
- ✓ **Mercurio:** Contaminante no deseable del agua, metal pesado tóxico para las gentes. Se halla en forma inorgánica y pasa a los compuestos orgánicos, por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos. Pasa al plancton, algas y a los organismos tróficos superiores (peces, aves rapaces y al ser humano).
- ✓ **Plomo:** La mayor fuente de plomo, en el agua de bebida, proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar plomo de las tuberías, en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo.
- ✓ **Hierro:** La presencia de hierro, afecta el sabor del agua y forma depósitos en las redes de distribución y causa obstrucciones, alteraciones en la turbidez y el color del agua.

- ✓ **Fluoruro:** Esencial para la nutrición del humana y su presencia en el agua de consumo, a concentraciones adecuadas, combate la formación de caries dental. Si la concentración de fluoruro en el agua es alta, genera “fluorosis” y daña la estructura ósea.
- ✓ **Cobre:** En el agua potable, existe por la corrosión de las cañerías de viviendas, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera, por el sulfato de cobre que se aplica, para controlar las algas en plantas de potabilización.
- ✓ **Cloruro:** Su presencia, se debe al agregado de cloro en las estaciones de tratamiento como desinfectante. En forma de ion Cloro (Cl^{-1}), es un anión inorgánico en el agua, en altas concentraciones, tiene sabor salado, si el anión está asociado a los cationes sodio (Na^{+1}) o potasio (K^{+1}), este sabor no es apreciable, si la sal disuelta, es cloruro de calcio (CaCl_2) o magnesio (MgCl_2), el sabor salado no se aprecia.
- ✓ **Sulfatos:** Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua. Un alto contenido de sulfatos, proporcionan sabor amargo al agua y ser un laxante, en presencia del magnesio.
- ✓ **Nitritos y nitratos:** Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno, estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en

contacto con el oxígeno disuelto, se transforma por oxidación, en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

- **Características bacteriológicas:**

- ✓ **Bacterias:** Las patógenas para el ser humano, son las bacterias coliformes y los estreptococos, que se utilizan como índice de contaminación fecal.

- ✓ **Hongos, mohos y levaduras:**

Todos estos organismos son heterótrofos y en consecuencia dependen de la materia orgánica para su nutrición.

1.3.5. Factores que influyen en el proceso de coagulación y floculación.

Las interrelaciones entre cada uno de ellos, permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes para adicionar al agua

El pH

Es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución y es igual a:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua, existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente,

ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. El rango de pH, es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo, entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta. Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación, es de 6,5 a 8,0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5,5 a 8,5 unidades.

Turbiedad

La turbidez además de que es objetable desde el punto de vista estético, puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión. El agua con suficientes partículas de arcilla en suspensión (10 unidades de turbidez), se aprecia a simple vista. Las fuentes de agua superficial varían desde 10 hasta 1.000 unidades de turbidez, y los ríos muy opacos pueden llegar a 10.000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba. Los resultados se comparan luego con los que se obtienen de una suspensión estándar (Orellana, J. 2005)

Influencia de las Sales Disueltas

Las sales contenidas dentro del agua, ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación del rango de pH, óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.

- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

Influencia de la Temperatura del Agua

La variación de 1°C en la temperatura del agua, conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados, que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que, la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas, desfavorecen igualmente a la coagulación. Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación, conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floculo.

Influencia de la Dosis del Coagulante

La cantidad del coagulante a utilizar, tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación:

- Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación del micro lóculo es muy escaso, por lo tanto, la turbiedad residual es elevada.
- Alta cantidad de coagulante, produce la inversión de la carga de la partícula y la formación de gran cantidad de micro lóculos con tamaños muy pequeños, cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto, la turbiedad residual es igualmente elevada.

- La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra.

La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:

- La buena o mala calidad del agua clarificada.
- El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

Influencia de Mezcla

El grado de agitación que se da a la masa de agua, durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua, tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente. En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas.

En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 s, máximo), llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar. La mezcla rápida se efectúa, para la inyección de productos químicos dentro de la zona de fuerte turbulencia, una inadecuada mezcla rápida conlleva a un incremento de productos químicos.

En la segunda etapa, la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microflóculos.

Tipos de Mezcla

Las unidades para producir la mezcla pueden ser:

- Mezcladores Mecánicos: Retro mezcladores (agitadores).
- Mezcladores Hidráulicos: Resalto Hidráulico: Canaleta Parshal y Vertedero Rectangular.

El color.

El color del agua, se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica, puede manchar los accesorios sanitarios y opacar la ropa. Las pruebas se llevan a cabo por comparación con un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de la hipótesis

Se realizó la extracción del almidón de los tubérculos utilizados como agentes naturales en el tratamiento de agua potable. Se han evaluado tres tubérculos de acuerdo a tres indicadores: pH, color y turbiedad, como coagulantes durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos, Loreto. Además.

Este proceso se hizo, mediante la prueba de jarras con el almidón de los tres tubérculos, para conocer los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y establecer la dosis óptima; donde, solo un tubérculo, cumplirá los parámetros físicos y químicos. Ello nos permite la siguiente hipótesis:

La extracción de almidón de los tubérculos a estudiar da como resultado buen rendimiento.

La prueba de jarras dará como resultado que solo un tubérculo, de los tres estudiados, presentará una buena coagulación y sedimentación

2.2 Variables

2.2.1 Dependiente: Tipos de tubérculos (Yuca, Papa Blanca y sachá - Papa Morada).

2.2.2 Independiente: Determinación del % de remoción resultante de la aplicación de los almidones de los tubérculos ensayados (Yuca, Papa Blanca y sachá - Papa Morada).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño

La investigación es **cuantitativa** y usa la metodología **deductiva**

3.2. Diseño muestral

Las muestras fueron recolectadas al azar, en los centros de venta de alimentos. Se colectaron 10 unidades de cada especie para realizar la separación de almidón.

3.3. Procedimiento de recolección de datos:

Metodología

Métodos de extracción de almidón y harina de la Yuca, Sacha Papa Morada, y Papa Blanca.

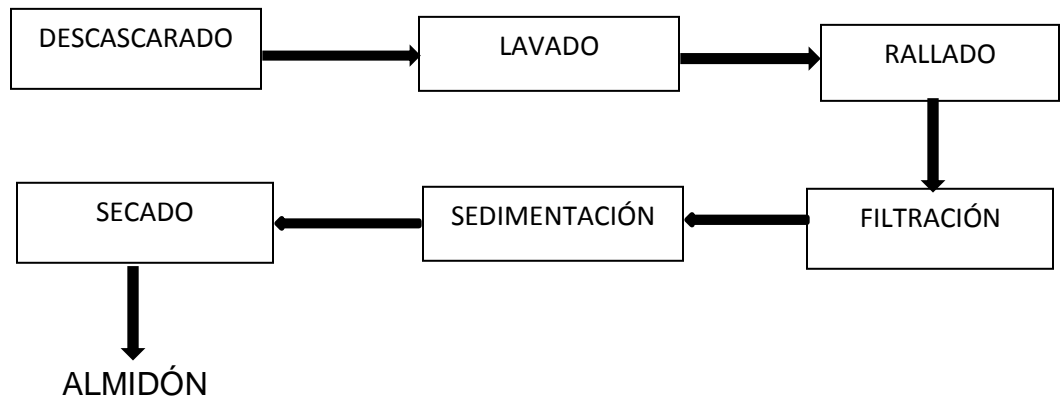
Preparación del almidón de yuca

La yuca es descascarada, lavada y rallada.

La masa obtenida se filtra en una tela (tocuyo) con abundante agua. El filtrado se realiza hasta que queden sobre la tela sólo los restos de fibra. El producto del filtrado se deja reposar durante 3 a 5 horas para que el almidón sedimente.

Al cabo de este proceso, se separa el agua y recoge el almidón, el cual es puesto a secar en una estufa a 35°C por 24 horas obteniéndose un polvo blanco.

Diagrama de obtención de almidón



Preparación del almidón de papa blanca

La papa blanca es pelada, lavada, rallada y convertida en una pasta fina, se separa el almidón de la celulosa a través de la tela tocuyo, donde se obtiene la lechada (producto del lavado) se coloca en una probeta y se deja en reposo de 2h a 4h, después hacer un lavado y dejarlo por 2h más.

Luego se separa el agua sobrenadante y el sedimento es secado a la estufa a 35°C por 24 horas obteniéndose un polvo blanco.

Preparación del almidón de la sachapapa morada

La sachapapa morada es descascarada, lavada y rallada. La masa obtenida es filtrada en una tela (tocuyo) con abundante agua. El filtrado se realiza hasta que queden sobre la tela sólo restos de fibra. El producto del filtrado se deja reposar durante 3 a 5 horas para que el almidón sedimente.

Al cabo de este proceso, se separa el agua y recoge el almidón, el cual es puesto a secar en estufa a 35°C por 24 horas obteniéndose un polvo blanco.

Ensayo de floculación (prueba de jarras)

Se prepara una solución con cada uno de los almidones utilizando el método químico en frío para lo cual se pesa 1 g de almidón se disuelve en 20 ml de agua, luego se añade solución de NaOH 1N hasta obtener una solución transparente.

Pasar la suspensión preparada a un recipiente matraz volumétrico que permite con precisión completar a un volumen de 1000 ml.

- Dejar en reposo 1h, para completar la disolución.

- Se procede a realizar la prueba de jarras para determinar la dosis óptima de floculante Policloruro de Aluminio, del almidón extraído de las especies estudiadas y de sus mezclas añadiendo en cada jarra las dosis seleccionadas previamente para la evaluación respectiva.

El equipo empleado para la prueba de jarras consta de una serie de agitadores motorizados, la velocidad de los agitadores es regulada por una perilla de la parte frontal del equipo, lado derecho. La frecuencia de agitación es expresada en Revoluciones por Minuto (RPM).

El equipo puede realizar hasta seis pruebas simultáneas, donde cada jarra tiene un volumen de un litro.

Caracterización del agua

Se realizó la caracterización de los parámetros de calidad del agua antes y después de la clarificación

Los parámetros y métodos de medición son:

pH, método potenciométrico

Color, método colorimétrico en la escala de Cloro Platínato de Cobalto
Turbiedad, método Nefelométrico, utilizando turbidímetro.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Los resultados obtenidos en la prueba de jarras, es decir los parámetros de calidad medidos han sido recolectados y ordenados para su mejor evaluación.

Los resultados del agua sin tratamiento se presentan a continuación:

Cuadro 1 Agua cruda

Determinaciones	Resultado
COLOR, ppm	70
TURBIEDAD, NTU	25.80
pH	5.77

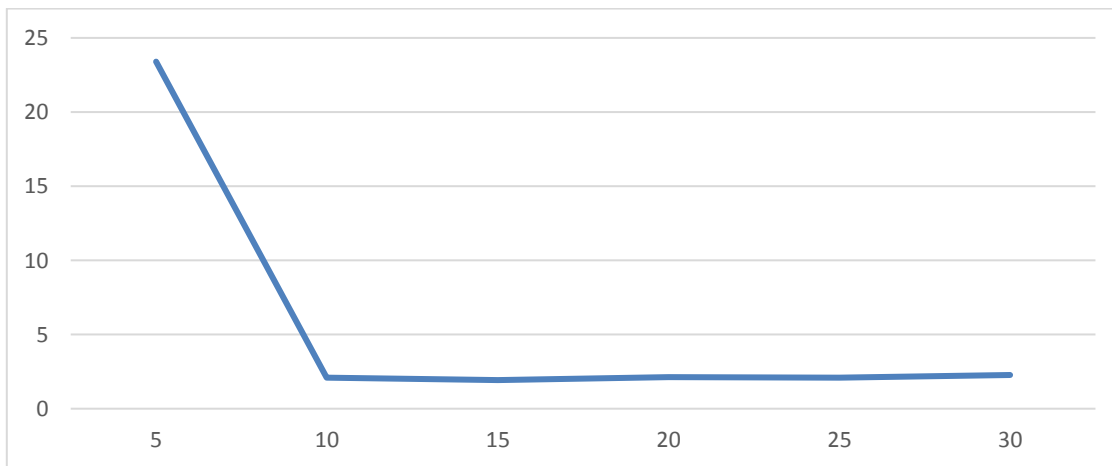
En los ensayos realizados con policloruro de aluminio, los almidones de los tubérculos ensayados y sus mezclas en diferentes proporciones dieron los resultados que se presentan en los siguientes cuadros con sus respectivos gráficos:

Cuadro 2: Policloruro de aluminio.

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	Color (Pt-Co)
1	5	4	15-20	23.40	4.97	70
2	10	6	15-20	2.08	5.33	20
3	15	6	15-20	1.83	4.78	15
4	20	6	15-20	2.13	4.61	22
5	25	6	15-20	2.08	4.52	32
6	30	6	15-20	2.26	5.46	18

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con policloruro de Aluminio

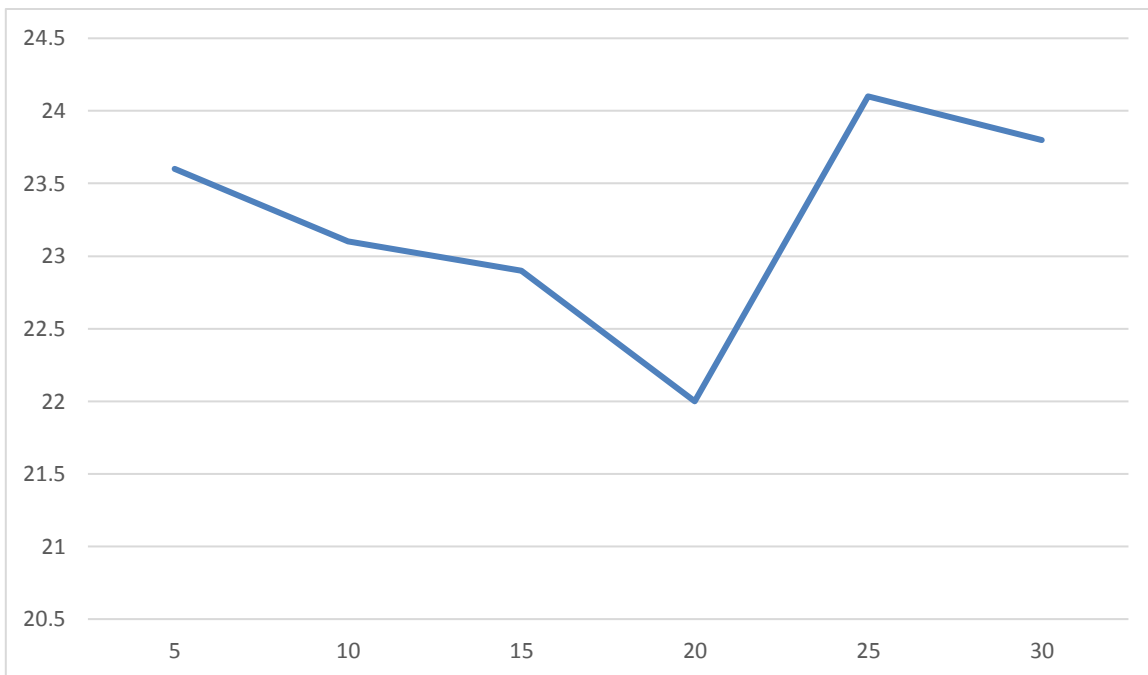


Cuadro 3: Almidón de Yuca

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	5	4	15-20	23.60	5.98	70
2	10	6	15-20	23.10	5.86	60
3	15	6	15-20	22.90	5.76	30
4	20	6	15-20	22.00	5.94	20
5	25	6	15-20	24.10	5.63	35
6	30	6	15-20	23.80	5.78	45

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con almidón de Yuca

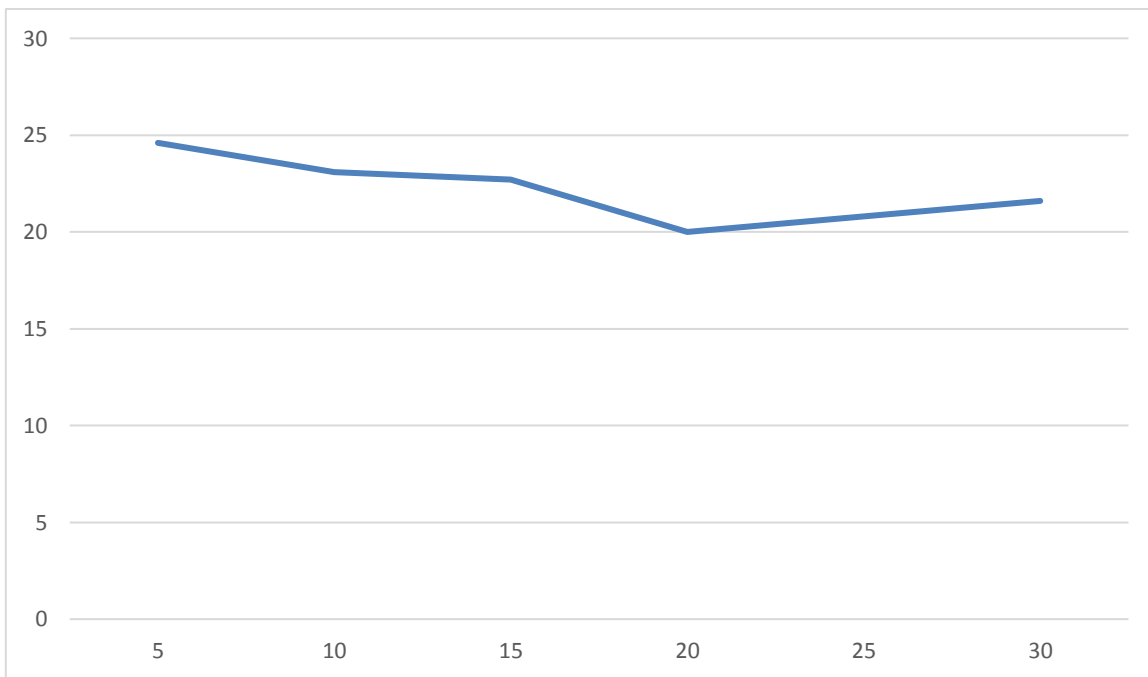


Cuadro 4: Almidón de Papa blanca

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	5	4	15-20	24.60	5.92	70
2	10	6	15-20	23.10	5.76	20
3	15	6	15-20	22.70	5.61	15
4	20	6	15-20	20.00	5.80	22
5	25	6	15-20	20.80	5.56	32
6	30	6	15-20	21.60	5.41	18

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con almidón de Papa blanca

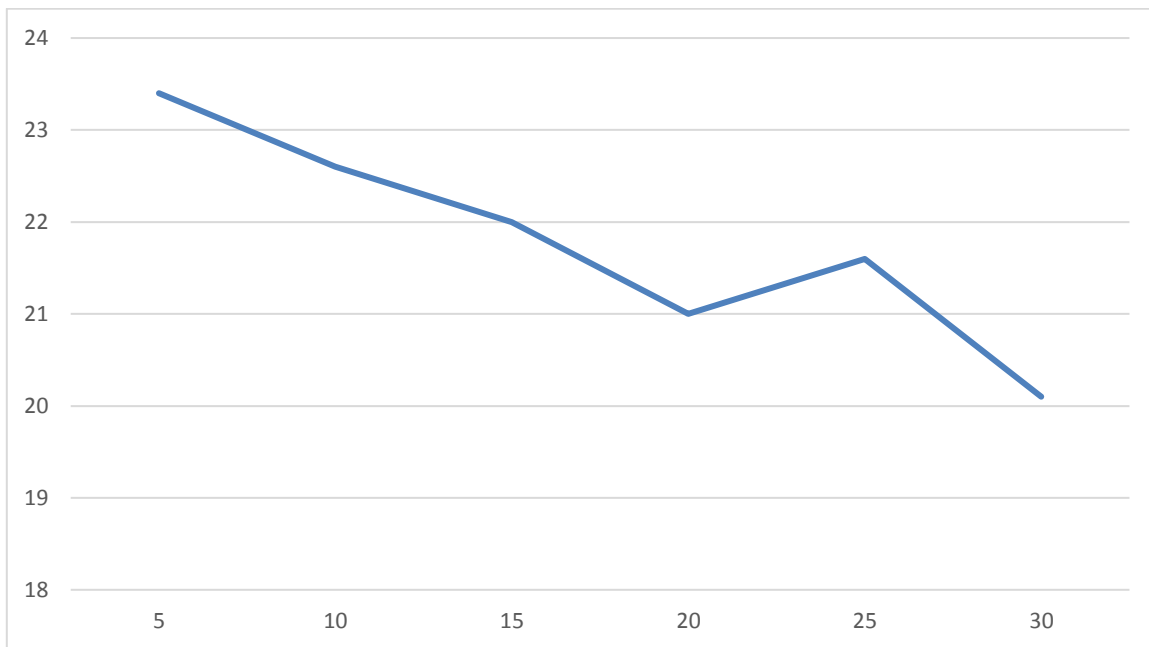


Cuadro 5: Almidón de Sacha-Papa Morada.

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	5	4	15-20	23.40	5.94	70
2	10	6	15-20	22.60	5.86	30
3	15	6	15-20	22.00	5.75	18
4	20	6	15-20	21.00	6.10	30
5	25	6	15-20	21.60	5.68	35
6	30	6	15-20	20.10	5.46	35

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con almidón de Sacha papa morada



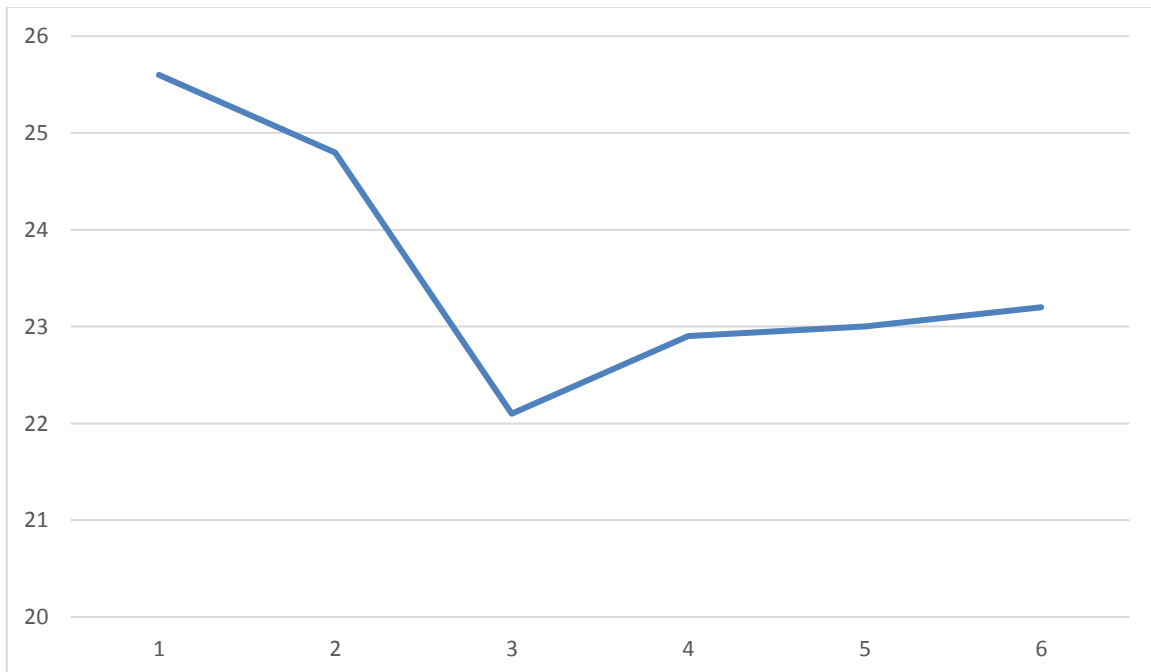
Luego de los ensayos con coagulantes puros, se procedió a ensayar con las mezclas de coagulante natural con el Policloruro de Aluminio, obteniéndose los datos que se presentan en los cuadros y gráficos siguientes:

Cuadro 6: Almidón de Yuca/Policloruro de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante YUCA	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	20	1	4	10-15	25.60	5.60	65
2	20	2	4	10-15	24.80	5.48	68
3	20	3	6	10-15	22.10	5.70	68
4	20	4	4	10-15	22.90	5.38	70
5	20	5	4	10-15	23.00	5.46	70
6	20	6	4	10-15	23.20	5.41	70

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Yuca y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural)

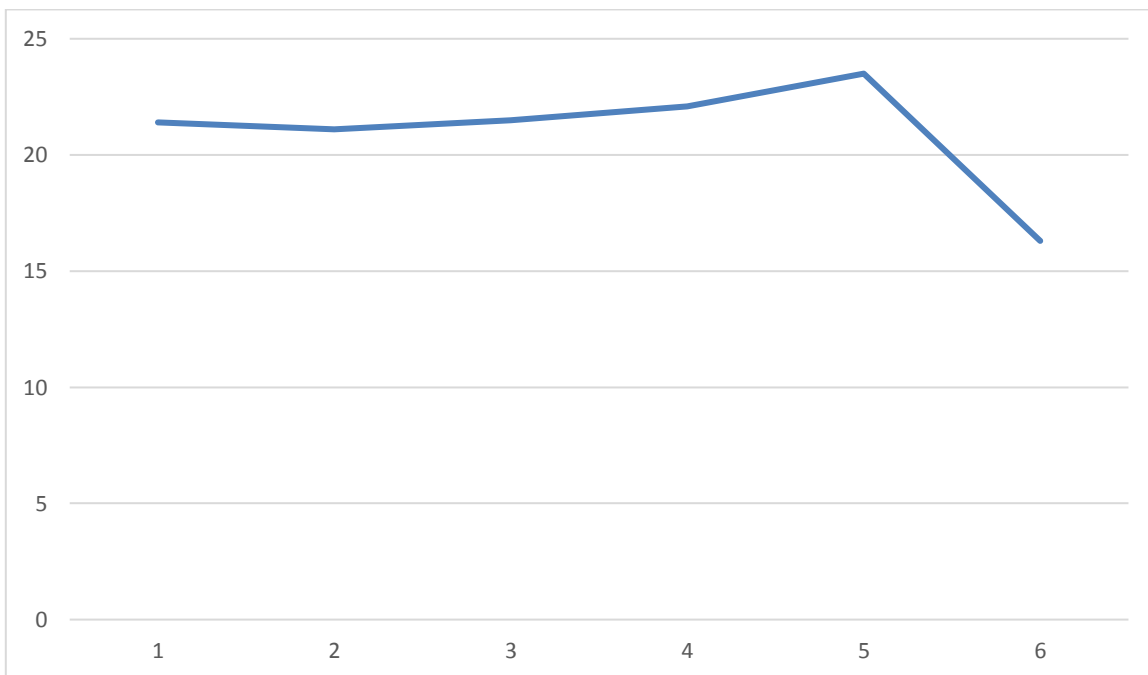


Cuadro 7: Almidón de Papa Blanca/ Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante PAPA	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	20	1	6	10-15	21.40	5.54	65
2	20	2	6	10-15	21.10	5.65	65
3	20	3	6	10-15	21.50	5.43	72
4	20	4	4	10-15	22.10	5.37	70
5	20	5	4	10-15	23.50	5.31	72
6	20	6	6	10-15	16.30	5.24	65

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Papa blanca y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 20 mg)

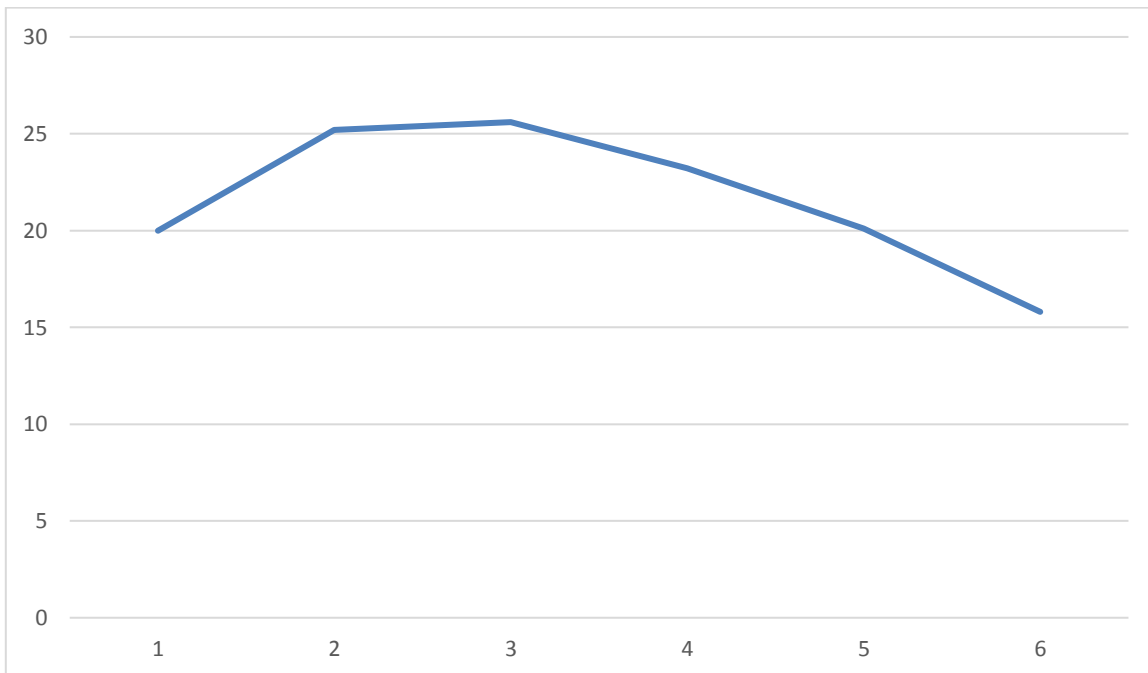


Cuadro 8: Almidón de la Sacha Papa Morada/ Policloruro de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante Sacha Papa Morada	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	20	1	4	10-15	20.00	5.39	70
2	20	2	6	10-15	25.20	5.42	60
3	20	3	6	10-15	25.60	5.42	60
4	20	4	6	10-15	23.20	5.45	65
5	20	5	6	10-15	20.10	5.48	60
6	20	6	8	10-15	15.80	5.27	60

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Sacha papa morada y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 20 mg)

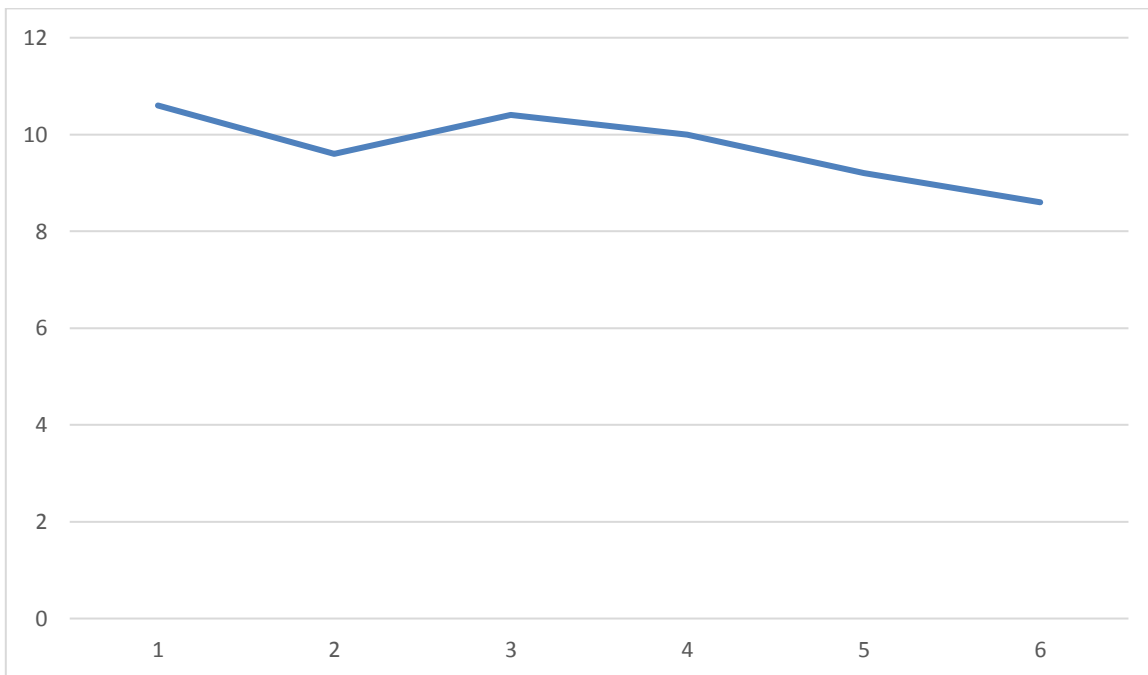


Cuadro 9: Almidón de la Yuca /Policloruro de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	10	1	6	20-30	10.60	5.45	35
2	10	2	6	20-30	9.60	5.36	40
3	10	3	6	20-30	10.40	5.21	35
4	10	4	8	20-30	10.00	5.27	40
5	10	5	8	20-30	9.20	5.42	35
6	10	6	8	20-30	8.60	5.56	25

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Yuca y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 10 mg)

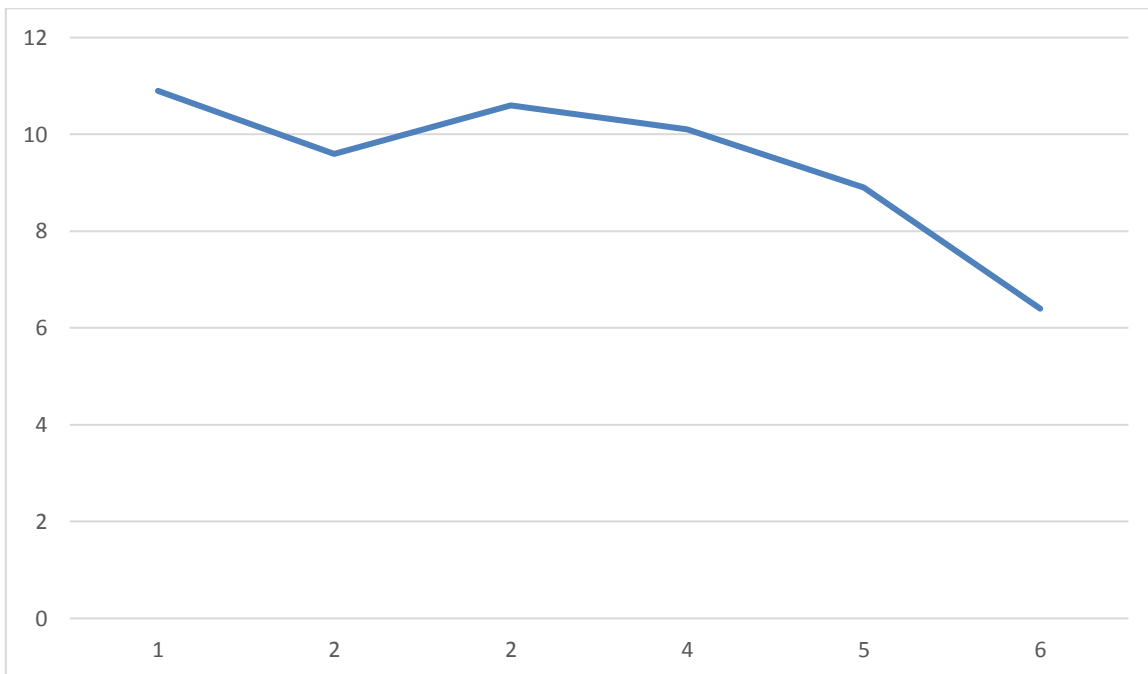


Cuadro 10: Almidón de la Papa /Policloruro de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	10	1	6	20-30	10.90	5.42	45
2	10	2	6	20-30	9.60	5.40	40
3	10	3	8	20-30	10.60	5.31	38
4	10	4	8	20-30	10.10	5.26	38
5	10	5	6	20-30	8.90	5.10	40
6	10	6	8	20-30	6.40	5.20	20

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Papa y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 10 mg)

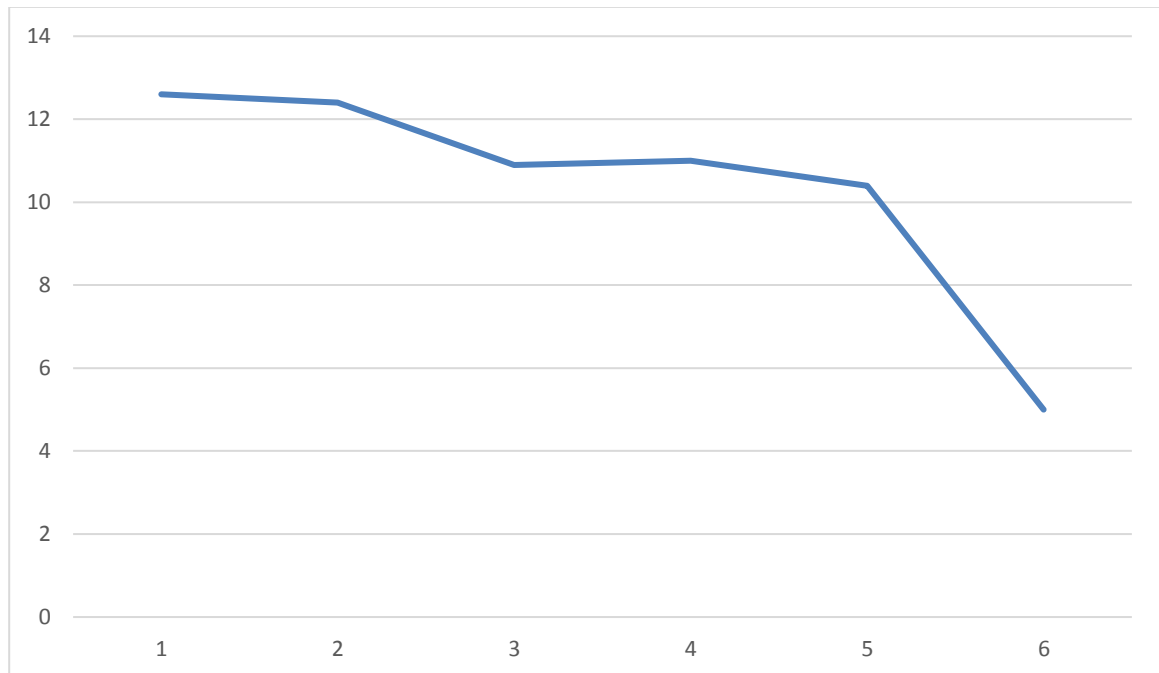


Cuadro 11: Almidón de Sacha papa morada/ Policloruro de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	10	1	6	20-30	12.60	5.56	48
2	10	2	6	20-30	12.40	5.48	42
3	10	3	6	20-30	10.90	5.42	40
4	10	4	8	20-30	11.00	5.36	35
5	10	5	8	20-30	10.40	5.28	35
6	10	6	8	20-30	5.00	5.21	18

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Sacha papa morada y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 10 mg)



Para la determinación de la dosis óptima de coagulante y floculante se ha de tener en consideración la remoción de la turbidez como parámetro de respuesta por ser importante en la calidad del agua potable, considerando que la turbidez en el agua que llega al consumidor no deberá exceder de 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), según la norma vigente para calidad de agua potable.

La eficiencia del proceso se determina mediante el porcentaje de remoción de turbidez de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{turbidez inicial} - \text{turbidez final}}{\text{turbidez inicial}} \times 100$$

3.5 Aspectos éticos

El proyecto prioriza la importancia que tienen los tubérculos de la región de la Amazonía peruana, referidos a la floculación del agua superficial, para la potabilización.

Como los tubérculos indicados, para este trabajo, se obtendrán de los comerciantes de los centros de abasto de la ciudad de Iquitos; para ello se tendrá en cuenta, los valores éticos de las personas encuestadas u observadas, respetando sus costumbres y la confiabilidad de sus respuestas y acciones, sin divulgación de la integridad física ni moral de ellas y de su familia.

CAPITULO IV

RESULTADOS

De acuerdo con el ensayo realizado en la obtención de almidón de las especies seleccionadas para el presente estudio se obtuvieron los rendimientos siguientes:

- Yuca; (M. *ESCULENTA* CRANTZ) 87.80%
- Papa blanca; (S. *TUBEROSUM* L.), 66,20%
- Sacha papa morada; (D. *TRÍFIDA*) 23.50%

Características del agua a tratar:

COLOR, ppm	70
TURBIEDAD, NTU	25.80
PH	5.77

Los ensayos realizados en la prueba de jarras reportan los siguientes resultados:

Cuadro 12: Dosis óptima del policloruro de aluminio.

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	5	4	15-20	23.40	4.97	9,30	70
2	10	6	15-20	2.08	5.33	91.93	20
3	15	6	15-20	1.83	4.78	92.90	15
4	20	6	15-20	2.13	4.61	91.74	22
5	25	6	15-20	2.08	4.52	91.93	32
6	30	6	15-20	2.26	5.46	91.24	18

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13: Dosis óptima de la Yuca

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	5	4	15-20	23.60	5.98	8.52	70
2	10	6	15-20	23.10	5.86	10.46	60
3	15	6	15-20	22.90	5.76	11.24	30
4	20	6	15-20	22.00	5.94	14.73	20
5	25	6	15-20	24.10	5.63	6.59	35
6	30	6	15-20	23.80	5.78	7.75	45

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14: Dosis óptima de la Papa

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	5	4	15-20	24.60	5.92	4.65	70
2	10	6	15-20	23.10	5.76	10.46	20
3	15	6	15-20	22.70	5.61	12.01	15
4	20	6	15-20	20.00	5.80	22.48	22
5	25	6	15-20	20.80	5.56	19.38	32
6	30	6	15-20	21.60	5.41	16.28	18

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15: Dosis óptima de la Sacha-Papa Morada.

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	5	4	15-20	23.40	5.94	9.30	70
2	10	6	15-20	22.60	5.86	12.40	30
3	15	6	15-20	22.00	5.75	14.73	18
4	20	6	15-20	21.00	6.10	18.60	30
5	25	6	15-20	21.60	5.68	16.28	35
6	30	6	15-20	20.10	5.46	22.09	35

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16: Dosis óptima del almidón de Yuca/Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante YUCA	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	20	1	4	10-15	25.60	5.60	0,77	65
2	20	2	4	10-15	24.80	5.48	3.87	68
3	20	3	6	10-15	22.10	5.70	14.34	68
4	20	4	4	10-15	22.90	5.38	11.24	70
5	20	5	4	10-15	23.00	5.46	10.85	70
6	20	6	4	10-15	23.20	5.41	10.07	70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17: Dosis óptima de almidón de Papa Blanca/ Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante PAPA	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	20	1	6	10-15	21.40	5.54	17.05	65
2	20	2	6	10-15	21.10	5.65	18.22	65
3	20	3	6	10-15	21.50	5.43	16.66	72
4	20	4	4	10-15	22.10	5.37	14.34	70
5	20	5	4	10-15	23.50	5.31	8.91	72
6	20	6	6	10-15	16.30	5.24	36.82	65

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18: Dosis óptima del almidón de la Sacha Papa Morada/ Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante Sacha Papa Morada	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	20	1	4	10-15	20.00	5.39	22.48	70
2	20	2	6	10-15	25.20	5.42	2.32	60
3	20	3	6	10-15	25.60	5.42	0.77	60
4	20	4	6	10-15	23.20	5.45	10.08	65
5	20	5	6	10-15	20.10	5.48	22.09	60
6	20	6	8	10-15	15.80	5.27	38.76	60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19: Dosis óptima del almidón de la Yuca /Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	10	1	6	20-30	10.60	5.45	58.91	35
2	10	2	6	20-30	9.60	5.36	62.79	40
3	10	3	6	20-30	10.40	5.21	59.69	35
4	10	4	8	20-30	10.00	5.27	61.24	40
5	10	5	8	20-30	9.20	5.42	64.34	35
6	10	6	8	20-30	8.60	5.56	66.66	25

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20: Almidón de la Papa /Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	10	1	6	20-30	10.90	5.42	57.75	45
2	10	2	6	20-30	9.60	5.40	62.79	40
3	10	3	8	20-30	10.60	5.31	58.91	38
4	10	4	8	20-30	10.10	5.26	60.85	38
5	10	5	6	20-30	8.90	5.10	65.50	40
6	10	6	8	20-30	6.40	5.20	75.19	20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21: Dosis óptima del almidón de Sachapapa morada/ Policloruro de Al⁺³

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada			Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ⁺³	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	% de remoción	
1	10	1	6	20-30	12.60	5.56	51.16	48
2	10	2	6	20-30	12.40	5.48	51.94	42
3	10	3	6	20-30	10.90	5.42	57.75	40
4	10	4	8	20-30	11.00	5.36	57.36	35
5	10	5	8	20-30	10.40	5.28	59.69	35
6	10	6	8	20-30	5.00	5.21	80.62	18

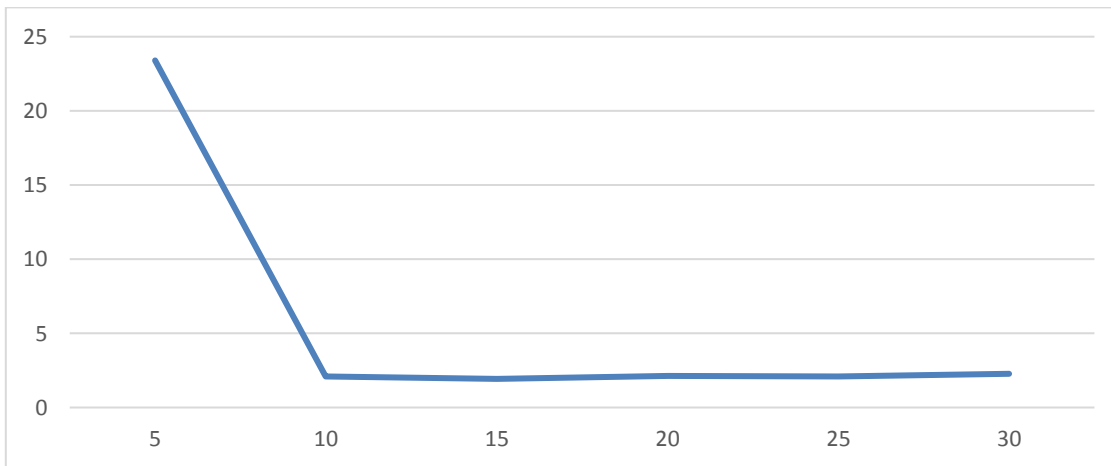
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22: SULFATO de aluminio.

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L	Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		
	Coagulante	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	Color (Pt-Co)
1	5	4	15-20	40.12	4.26	80
2	10	6	15-20	10.8	5.01	30
3	15	6	15-20	8.83	4.10	38
4	20	6	15-20	9.13	4.06	35
5	25	6	15-20	8.08	4.08	40
6	30	6	15-20	10.96	5.21	35

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con sulfato de Aluminio

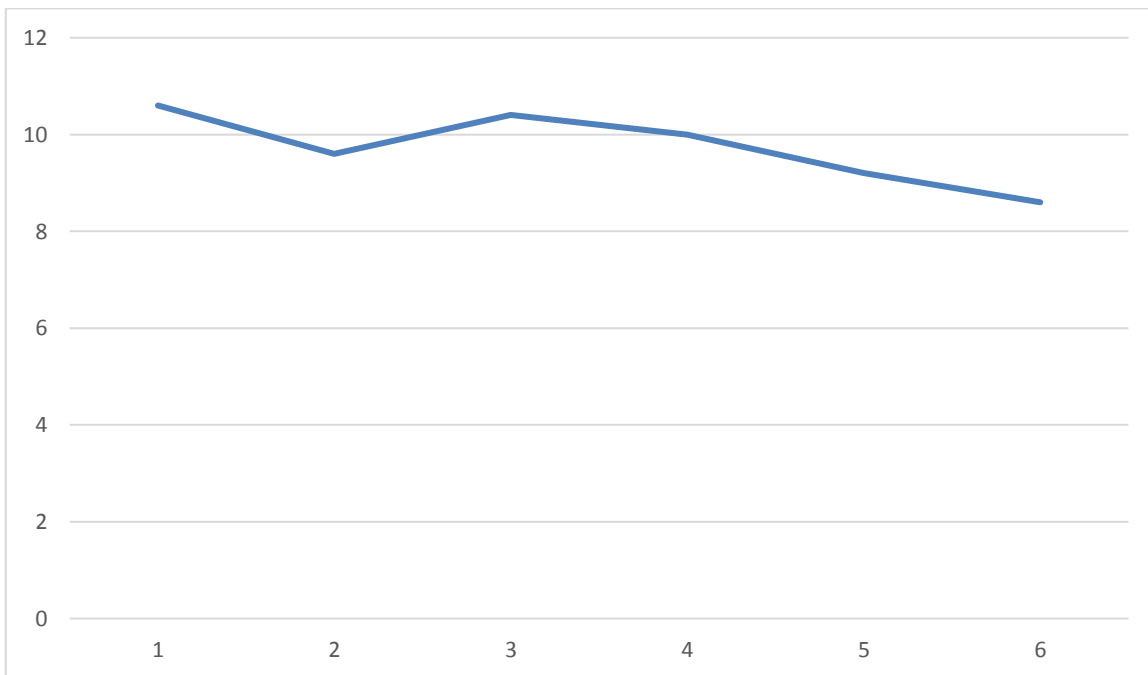


Cuadro 23 : Almidón de la Yuca /SULFATO de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	sulfato De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	10	1	6	20-30	18.60	4.52	60
2	10	2	6	20-30	15.60	4.50	60
3	10	3	6	20-30	11.40	5.01	48
4	10	4	8	20-30	13.00	5.27	50
5	10	5	8	20-30	14.20	4.62	45
6	10	6	8	20-30	12.60	4.80	40

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Y de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 10 mg)

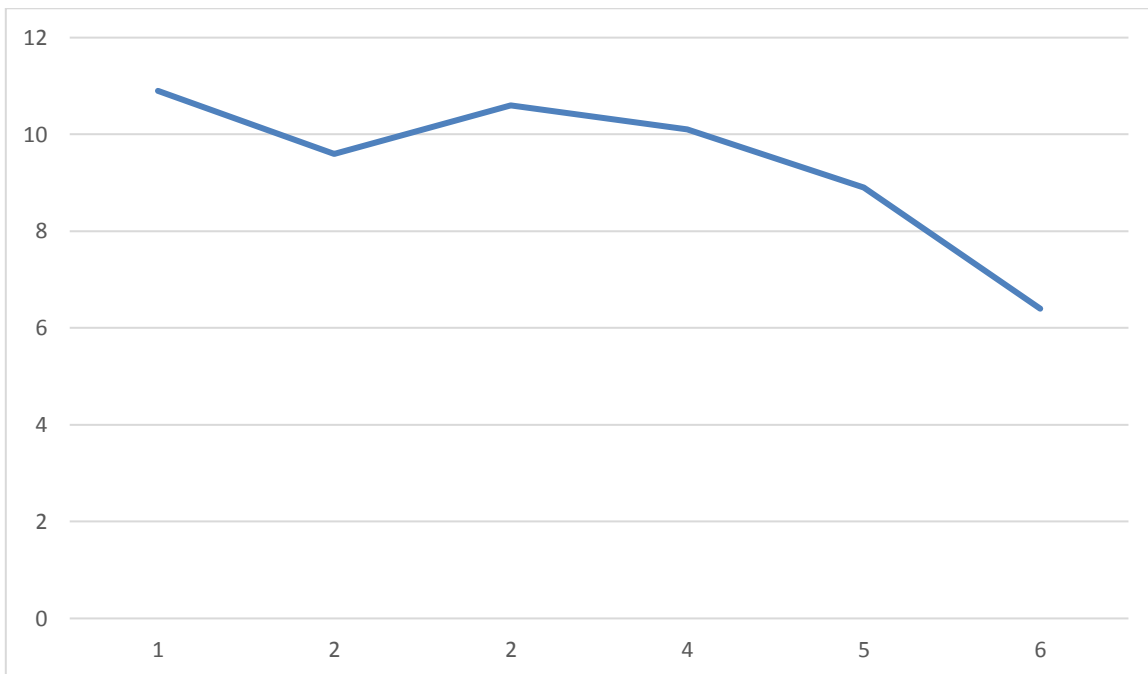


Cuadro 24 : Almidón de la Papa /SULFATO de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	10	1	6	20-30	10.90	5.42	60
2	10	2	6	20-30	14.60	5.02	65
3	10	3	6	20-30	12.50	5.31	55
4	10	4	8	20-30	10.10	5.26	30
5	10	5	8	20-30	12.90	5.10	58
6	10	6	8	20-30	10.40	5.20	38

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Papa y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 10 mg)

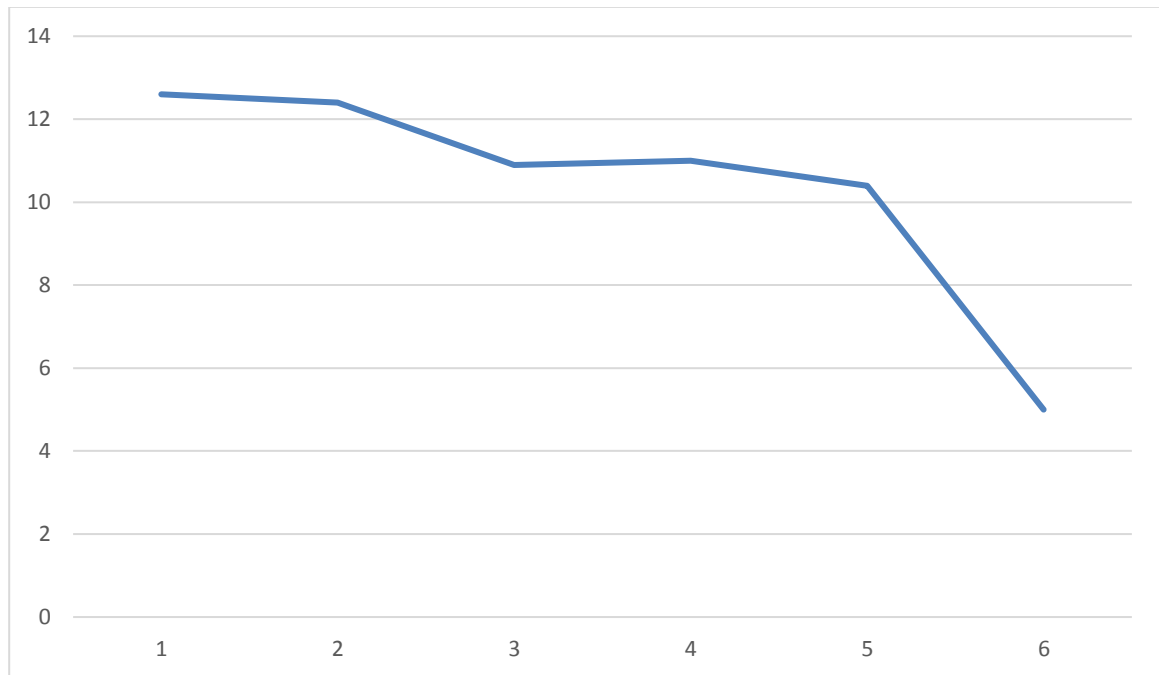


Cuadro 25 : Almidón de Sacha papa morada/ SULFATO de Al³⁺

Prueba de Jarra	Dosificación mg/L		Observaciones Visuales		Agua Sedimentada		Color (Pt-Co)
	Coagulante	Policloruro De Al ³⁺	IW	Tiempo Floc (segundos)	Turbiedad (UNT)	PH	
1	10	1	6	20-30	30.60	5.32	50
2	10	2	6	20-30	20.40	5.26	45
3	10	3	6	20-30	18.90	5.40	40
4	10	4	8	20-30	16.00	5.33	35
5	10	5	8	20-30	15.40	5.41	35
6	10	6	8	20-30	15.00	5.60	25

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Comportamiento de la Turbidez en el tratamiento del agua con la mezcla de almidón de Sacha papa morada y Policloruro de Aluminio. (Manteniendo constante la dosificación de almidón natural en 10 mg)



CAPITULO V :DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el Cuadro 12, se presentan los resultados con el policloruro de aluminio, en un rango de 5 a 30 ppm, donde la dosis óptima fue de 15 ppm, el policloruro flocula bien, obteniéndose resultados dentro de los límites permisibles.

En los cuadros 13, 14, y 15 respectivamente se presentan los resultados, el mismo rango de 5 a 30 ppm, con los almidones obtenidos de los tres tubérculos donde con el almidón de la papa se obtuvo mejores resultados, seguido del almidón de sachapapa morada.

En los cuadros 16, 17 y 18 respectivamente, se presentan los resultados del almidón de yuca, papa y sachapapa morada, en la proporción de 20 mg/l combinado con el policloruro de aluminio, este último mencionado se usaron dosis de 1 a 6 ppm, encontrándose que la sachapapa morada presenta mejor comportamiento en el proceso de coagulación, pero con turbiedad y color elevados aun comparando con la norma vigente para agua potable.

En los cuadros 19, 20 y 21 se decidió reducir la dosis de almidón, a 10 ppm, para reducir los parámetros de turbiedad y color obteniéndose mejores resultados, con lo que se logró disminuir la turbidez lográndose los resultados esperados, en el ensayo con sachapapa morada tubérculo de nuestra región cuyo almidón logró floccular satisfactoriamente, obteniéndose un % de remoción de 80.62% en la dosis de 10 ppm de almidón natural y 6 ppm de Policloruro de Aluminio.

En el cuadro 22 se utilizó sulfato de aluminio no logrando los resultados esperados en turbiedad y color

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Las tres especies de tubérculos aquí ensayados, Yuca, Papa blanca y Sacha papa morada presentan un buen rendimiento en almidón.
- Las soluciones preparadas a partir del almidón de tubérculos pueden ser utilizadas como coagulantes primarios durante la potabilización de aguas debido a que la combinación coagulación, floculación, sedimentación y filtración permitió generar un efluente que cumpliera con los niveles deseables de color y turbidez establecidos en la normativa sanitaria vigente
- La sachapa morada fue más efectiva en aguas de alta turbidez, ya que para todas las dosis empleadas se obtuvieron porcentajes de remoción relativamente altos luego del proceso de coagulación
- La mayor remoción de turbidez y color aparente se produjo al emplear una dosis de almidón de 10 mg/L, la solución coagulante de sachapa morada.
- Las razones por la cual se eligió los tres tubérculos :es porque son oriundos de la región Loreto y tienen la propiedad de coagulación.

CAPÍTULO VII : RECOMENDACIONES

- En el tratamiento de Agua se debe utilizar insumos que sean compatibles con el medio ambiente a fin de evitar afectar el ecosistema.
- Se debe incentivar el cultivo y cosecha de especies como la sachapapa morada para poder aplicarlo en la industria.
- Realizar ensayos con otras especies vegetales, para sí tener un cuidado responsable del medio ambiente.
- En el tratamiento de agua para potabilizarla se deberá buscar otras formas de eliminar los sólidos suspendidos y los disueltos que son los que dan color.
- Este proceso de tratamiento con tubérculos de la región va mejorando en lo productivo y económico en la empresa sedaloreto.

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA 2011**
Diseño de la muestra en proyectos de encuesta.
2. **MACK MIULER PILCO CORAL Y JORGE ARMANDO SIFUENTES DA SILVA,**
“Valor nutricional de las especies vegetales *Calathea allouia* (Dale Dale) y *Dioscorea trifida* (Sachapapa morada)” Tesis 2014
3. **JHONY JAMES ESCUDERO CONTRERAS,** Uso de polímeros naturales como ayudante de floculación en el tratamiento de agua para consumo humano, Iquitos, Loreto, Perú. Tesis de grado 1998
4. **BRAVO GMMDF,** Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del río Pollo en Otuzco empleando semilla de *Caesalpinia spinosa* (Tara), Trujillo-Perú Tesis 2016
5. **AGUILAR AEA,** Utilización de las semillas de Tara (*Caesalpinia spinosa*), como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas, Lima-Perú. Tesis 2010
6. **ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda 2004** Tratamiento de agua: Coagulación y floculación.
7. **LIDIA DE VARGAS 2004** Procesos unitarios y plantas de tratamiento
8. **JORGE A. ORELLANA 2005** Características del agua potable
9. **CLAUDIA CRISTINA NÚÑEZ ÁLVAREZ, 2014,** Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina, Lima-Perú. Tesis
10. **RUDY SOLÍS SILVAN, 2012,** Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales Rev. Int. Contam. Ambie.
11. **MANUEL FERNANDO GALVIS RAMÍREZ 2011** Coagulantes naturales de origen vegetal.

12. **MANUEL C. RUBIO 2002** Potabilización
13. **AZUQUITA 2012** Proceso de potabilización del agua
14. **ROMERO ROJAS JAIRO ALBERTO 2002** Calidad del Agua. Escuela Colombiana de Ingeniería.
15. **PRADILLO B., 2016** Parámetros de control del agua potable.
16. **JORGE A. ORELLANA 2005** Características del agua potable
17. **CERON ALFARO, OSWALDO.** Procesos de floculación – Coagulación – Adsorción para la remoción de Materia Orgánica disuelta responsable del ensuciamiento irreversible de membranas de Microfiltración. Tesis Doctoral 2016 – UNAM. México.

ANEXOS

ANEXO 01:

MATRÍZ DE CONSISTENCIA

Uso de tres tubérculos: Yuca (*M. esculenta* CRANTZ), Sacha papa morada (*d. trifida*) y Papa blanca (*S. tuberosum* L.), como coagulantes durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos, Loreto.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Informantes	Responsables
¿En qué medida, podemos usar el almidón obtenido de tubérculos en la coagulación durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos, Loreto?	<p>General: Usar tres tubérculos: Yuca (<i>M. esculenta</i> CRANTZ), Sacha Papa Morada (<i>d. trifida</i>), y Papa Blanca (<i>S. tuberosum</i> L.), como coagulantes durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos, Loreto.</p>	<p>General: Se puede usar tubérculos (de acuerdo a tres variables: pH, color y turbiedad), como coagulantes durante la potabilización del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos, Loreto.</p>	<p>Independiente: Contenido del almidón de tres tubérculos de la región</p>	<p>Establecer el grado de coagulación, floculación, decantación y filtración, para la remoción de turbiedad, color, bacterias, virus, algas en estado coloidal.</p>	<p>>Índices de recolección <i>in situ</i> de: 01: Yuca. 02: Sacha Papa Morada 03: Papa Blanca</p>	<p>>Internet >Biblioteca Central UNAP. >Biblioteca Central FIQ. > Laboratorio FIQ-UNAP y EPS-SEDALORE TO SA.</p>	<p>Tesistas</p>
	<p>Específicos: Utilizar almidones de Yuca, Sacha Papa Morada, y Papa Blanca, como coagulantes</p> <p>Evitar la dependencia de coagulantes químicos, para el tratamiento de agua potable</p> <p>Incentivar al desarrollo de tecnologías adecuadas a nuestra región</p> <p>Reducir los costos de tratamiento y la elaboración de polímeros naturales en nuestro medio.</p>	<p>Específicos: Extracción del almidón de tubérculos, son utilizados como agentes naturales en el tratamiento de agua potable.</p> <p>La prueba de jarras del almidón de los cuatro tubérculos, para conocer los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, para establecer la dosis óptima.</p> <p>Solo un tubérculo, cumplirá los parámetros físicos y químicos.</p>	<p>Dependiente</p> <p>% de remoción del coagulante</p>	<p>Recolección de la muestra tales como la Yuca, Sacha Papa Morada, Dale-Dale y Papa Blanca.</p> <p>Pruebas de jarras para los cuatro tubérculos</p> <p>Determinación pH, color y turbiedad</p> <p>Obtención del mejor coagulante.</p>	<p>Índices de análisis en el laboratorio: Almidones, pH, color, turbiedad y floculación</p>	<p>Internet >Biblioteca Central UNAP. >Biblioteca Central FIQ. > Laboratorio FIQ-UNAP y EPS-SEDALORE TO SA</p>	<p>Tesistas.</p> <p>FIQ-UNAP.</p> <p>Laboratorio FIQ-UNAP y EPS-SEDALORE TO SA.</p>
				<p>Norma Legales:</p>	<p>Ley General del Ambiente - Ley N° 28611.</p> <p>Organización Mundial de la Salud (OMS), 1995.</p> <p>Otros</p>	<p>Internet >Biblioteca Central UNAP. >Biblioteca Central FIQ. > Laboratorio FIQ-UNAP y EPS-SEDALORE TO SA</p>	<p>Tesistas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 02

Valores Cualitativos del Índice de Willcomb para Caracterización de Flóculos

INDICE	DESCRIPCION DEL INDICE DE WILLCOMB
0	Flóculo coloidal. Sin ninguna señal de aglutinación
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible
4	Disperso. Flóculo bien formado, pero uniformemente distribuido (sedimenta muy lento)
6	Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande, pero que precipita con lentitud
8	Bueno. Flóculo que se deposita fácil, pero no completamente
10	Excelente. Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina.

Fuente: Cerón Alfaro Oswaldo

ANEXO 03: EQUIPOS DE LABORATORIO

Foto 01: EQUIPO PARA LA PRUEBA DE JARRAS



Foto 02: TURBIDÍMETRO



Foto 03: **POTENCIOMETRO**



ANEXO 04

MATERIALES Y REACTIVOS DE LABORATORIO

- Fichas de registro de campo.
- Etiqueta para la identificación de frascos.
- Cadena de custodia.
- Plumón indeleble.
- Cooler para guardar los envases de preservantes.
- Soga.
- Frascos de vidrio ámbar.
- Frasco de vidrio transparente.
- Frascos estériles (muestreo microbiológico).
- Guantes descartables.
- Pizeta.
- Gotero.
- Agua destilada.
- Solución estándar de pH
- Matraz Erlenmeyer
- Vaso precipitado
- Hidróxido de sodio

Foto 04

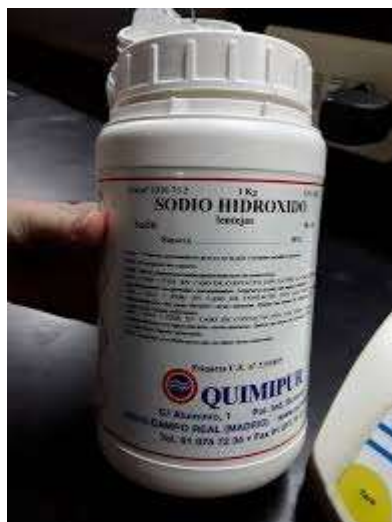


Foto 05



ANEXO 05: GALERIA DE FOTOS



Foto 06: Extrayendo el almidón



Foto 07: Almidon de papa



Foto 08: Almidón extraído



Foto 09: Preparando las soluciones de almidón para aplicación en la prueba de jarras



Foto 10: Ensayo de la prueba de Jarras