

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



**“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD CLARIFICADORA DEL
COAGULANTE NATURAL EXTRAÍDO DE LA PAPA (SOLANUM
TUBEROSUM) EN LA PURIFICACIÓN DEL AGUA DEL RÍO PATARI
PARA USO DE CONSUMO HUMANO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

Bach. JOAN MANUEL HURTADO VANDER SCHATTE OLIVIER
Bach. EFRAIN ISAI YARLEQUE NAVARRO

Callao, Diciembre, 2017
PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

ASESOR

DEDICATORIA

Dedico de manera especial esta investigación a mis queridos padres Manuel Hurtado Soto y Milagros Vander Schatte Olivier Miranda, quienes fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional.

Gracias a Dios por concederme las mejores hermanas, las que me permitieron encontrar un soporte emocional y espiritual.

A mi compañera de vida Fiorella Danós Vizcardo por sus palabras y confianza.

A mis maestros quienes aportaron sus conocimientos para con mi formación académica, a mi querida casa de estudios.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mí querida madre María Debora Navarro Cruz, a mi querido padre Segundo Yarleque Rios quienes siempre me apoyaron, confiaron, motivaron y cultivaron valores en mí que me hacen cada día mejor persona.

A todos mis hermanos y toda mi familia que siempre me brindan su amor y apoyo incondicional.

A mis amigos, compañeros y colegas que estuvieron, están y siempre estarán sin importar las circunstancias.

A mis maestros quienes transmitieron todos sus conocimientos a mi casa de estudios y a mi querido Centro de Estudios e Investigación del Medio Ambiente - CEIMA.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos a:

Dios por ser nuestro guía, apoyo. Por darnos la fortaleza necesaria para seguir en los momentos de debilidad en nuestra vida y por darnos bendición a nuestras familias.

Nuestra querida profesora Carmen Barreto Pío, Ingeniera Química y asesora de este proyecto, por su dedicación, colaboración y motivación durante la realización del trabajo. A los señores Jorge Isla y Luis Lynch, por su colaboración y asistencia durante la elaboración de la parte experimental en laboratorio.

Amigos, colegas y profesores, por sus apoyos, amabilidad y asistencias en el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	8
CAPÍTULO I	10
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1 Identificación del problema	10
1.2 Formulación del problema	15
1.3 Objetivos de la investigación (general y específicos)	16
1.3.1 Objetivo general:	16
1.3.2 Objetivos específicos:	16
1.4 Justificación	16
1.5 Importancia	18
1.5.1 Legal	18
1.5.2 Teórica	18
1.5.3 Económica	19
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes del estudio	21
2.2 Bases epistémicas	31
2.3 Bases teóricas	33
2.3.1 El agua	33
2.3.2 Calidad del agua	39
2.3.3 Proceso de clarificación.	40
2.3.4 Coadyuvantes coagulantes naturales	55
2.3.5 Coagulante natural extraído de la papa	56
2.3.6 Metodología para extracción del Coagulante.	58

2.4 Normas legales	59
CAPÍTULO III	70
VARIABLES E HIPÓTESIS	70
3.1 Variables de la investigación	70
3.2 Operacionalización de la Variables	70
3.3 Hipótesis general	71
CAPÍTULO IV	72
METODOLOGÍA	72
4.1 Tipo de investigación	72
4.2 Diseño de la Investigación	72
4.2.1 Diseño de carácter experimental	72
4.3 Población y muestra	73
4.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	78
4.4.1 Equipos y materiales:	78
4.4.2 Técnicas de Laboratorio.....	80
4.5 Procedimientos de recolección de datos:	84
4.5.1 Evaluar la calidad del agua del río Patari para su uso de consumo humano	84
4.5.2 Extracción del coagulante Natural de la papa (Solanum Tuberosum):	85
4.5.3 Determinar la dosis óptima de coagulante natural en el tratamiento del agua del río Patari para consumo humano.	86
4.5.4 Evaluar la capacidad de clarificación del coagulante natural de la papa (Solanum Tuberosum).....	88
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos	89
CAPÍTULO V	96
RESULTADOS	96
5.1. Características del agua superficial del río Patarí.	96
5.2. Extracción del coagulante Natural de la papa (Solanum Tuberosum):	96
5.3. Determinación de la dosis óptima de coagulante natural en el tratamiento del agua del río Patari para consumo humano.	98
5.3.1 Evaluación del Tiempo de contacto	98
5.3.2 Velocidad de agitación:	99
CAPÍTULO VI	101
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101

6.1. Características del agua superficial del río Patarí.	101
6.2 Extracción del coagulante Natural de la papa (Solanum Tuberosum):	101
CAPÍTULO VII.	105
CONCLUSIONES.....	105
CAPÍTULO VIII.	106
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1	66
Tabla 2. 2	67
Tabla 2. 3	68
Tabla 4. 1	74
Tabla 4. 2	80
Tabla 4. 3	90
Tabla 4. 4	91
Tabla 4. 5	91
Tabla 4. 6	92
Tabla 4. 7	93
Tabla 4. 8	94
Tabla 4. 9	94
Tabla 4. 10.....	95
Tabla 5. 1	96
Tabla 5. 2	97
Tabla 5. 3	98
Tabla 5. 4	99
Tabla 5. 5	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1	41
Figura 2. 2	42
Figura 2. 3	49
Figura 2. 4	50
Figura 2. 5	52
Figura 2. 6	54
Figura 4. 1	76
Figura 4. 2	77
Figura 4. 3	78
Figura 4. 4	88
Figura 4. 5	88
Figura 6. 1	103
Figura 6. 2	103
Figura 6. 3	104
Figura 4. 6	116
Figura 4. 7	116
Figura 4. 8	117
Figura 4. 9	117
Figura 4. 10	117
Figura 4. 11	118
Figura 4. 12	118
Figura 4. 13	118

RESUMEN

La presente investigación pretende determinar la capacidad de clarificación del coagulante natural del *Solanum Tuberosum* (papa) que ayude a remover los sólidos totales y suspendidos del agua y contar con una alternativa económica de tratamiento y de mínima o nula toxicidad, que permita cumplir con los parámetros de calidad como: pH, turbiedad, color.

Para obtener el almidón de la papa se utilizó la metodología de Aparicio obteniéndose un porcentaje de almidón extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) de 9.9%.y posterior a ello el agitador magnético que nos permite mezclar homogéneamente el coagulante con el agua a tratar.

El proceso de tratamiento se realizó agregando coagulante en dosis de 20, 40, 60, 80, 100 mg/L y se obtuvo que para la dosis de 80 mg/L el color se redujo de 10 Pt/Co a 5 Pt/Co, la turbidez se redujo de 30 NTU a 4,1 NTU, el pH aumento de 7,5 a 7,73 y la temperatura se mantuvo en 25 °C.

La dosis óptima del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) que nos permitió la clarificación del agua para consumo humano es de 80 mg/L.

Se concluye que el coagulante natural de la papa (*Solanum Tuberosum*) tiene la capacidad de clarificación de 86.3% lo que permite remover los sólidos suspendidos y volverla apta para consumo humano; según guía de la OMS y en el estándar de calidad ambiental para agua (MINAM, 2017).

ABSTRACT

The present research aims to determine the clarification capacity of the natural coagulant *Solanum Tuberosum* (potato) that helps to remove the total and suspended solids from the water and to have an economic alternative of treatment and of minimal or no toxicity, that allows to comply with the parameters Of quality as: pH, turbidity, color.

To obtain potato starch, the Aparicio methodology was used to obtain a percentage of starch extracted from the potato (*Solanum Tuberosum*) of 9.9%, and after that the magnetic stirrer allows us to homogenously mix the coagulant with the water to be treated.

The treatment process was performed by adding coagulant at doses of 20, 40, 60, 80, 100 mg / L and it was obtained that at the dose of 80 mg / L the color was reduced from 10 Pt / Co to 5 Pt / The turbidity was reduced from 30 NTU to 4.1 NTU, the pH increased from 7.5 to 7.73 and the temperature was maintained at 25 ° C.

The optimum dose of the natural coagulant extracted from the potato (*Solanum Tuberosum*) that allowed us to clarify the water for human consumption is 80 mg / L.

It is concluded that the natural coagulant of the potato (*Solanum Tuberosum*) has the capacity of clarification of 86.3% which allows to remove suspended solids and make it fit for human consumption; According to WHO guidelines and in the environmental quality standard for water (MINAM, 2017).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

Las comunidades rurales se abastecen de fuentes de agua natural ya sea superficial o subterránea. Estas fuentes de agua son impactadas negativamente debido a las actividades mineras e industriales que se desarrollan en zona aledañas a las comunidades rurales y aguas arriba.

La presente investigación pretende determinar la capacidad de clarificación del coagulante natural del *Solanum Tuberosum* (papa) que ayude a remover los sólidos totales y suspendidos del agua y contar con una alternativa económica de tratamiento y de mínima o nula toxicidad, que permita cumplir con los parámetros de calidad como: pH, turbiedad, color y temperatura y así abastecer a la población de Huallhua del distrito de San Javier de Alpabamba, provincia de Paucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho.

La contaminación industrial más significativa es la que proviene de la minería, la industria pesquera y el sector hidrocarburos, y afecta a las aguas continentales y marinas en sectores determinados. (MINAM, 2008).

El ANA, ha valorado la carga contaminante en la cuenca del Rímac y es la que aporta la mayor carga anual de todos los tipos de parámetros que típicamente existen en el agua residual doméstica, tales como sólidos disueltos, en suspensión, sedimentales y sólidos totales, hecho lógico porque es la Unidad Hidrográfica con mayor población y, por lo tanto, la de mayor consumo de agua (MINAGRI, 2015).

En Madre de Dios lo que comenzó como minería artesanal, hoy es una minería de gran escala que extrae oro con dragas de los ríos y deforesta miles de hectáreas amazónicas, vertiendo además miles de kilogramos mercurio a los ríos amazónicos (MINAM, 2011). Es la propia intergubernamental Organización del Tratado de Cooperación Amazónica que ha informado que “en los últimos 50 años, se ha vertido 1.300 toneladas de mercurio en el río Amazonas y sus afluentes” (LINCK y WEEMAELS, 2010).

En La Libertad las cuencas hídricas más importantes, El Perejil en Otuzco, Chuyugual en Sánchez Carrión y Caballo Moro en Santiago de Chuco están contaminadas por vertimientos mineros. En la cuenca del río El Perejil y el río Negro, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, existen abundantes yacimientos de carbón mineral el pH presenta una tendencia de franca descendencia propiciando que las aguas del río Perejil se vuelvan cada vez más ácidas, además se ha encontrado metales

como Cadmio, Hierro y Níquel, mientras el pH sea menor, mayor será el nivel de acidez de agua (ARANA, 2012)

Con el afán de mejorar la calidad de agua de las poblaciones rurales, en la década de los setenta se comenzaron a utilizar los coagulantes naturales para el tratamiento de agua donde se dio a conocer la importancia de estos coagulantes al ser extraídos de plantas locales, estos coagulantes naturales lograron disminuir en parte el material particulado de las aguas para consumo humano, de esta manera se pudo sustituir los coagulante artificiales que se utilizaban para el tratamiento de aguas.

En el proceso de potabilización de las aguas superficiales, la clarificación es una de las etapas más importantes ya que permite la remoción de materiales de naturaleza coloidal en suspensión tales como arcilla, limo y lodos. Para lograr la clarificación del agua, es necesaria la utilización de agentes coagulantes así como coadyuvantes de coagulación, que permiten eliminar un porcentaje significativo de las partículas en suspensión (típicamente entre 80 y 90 %) (CEPIS, 1983).

La capacidad de remoción de sólidos suspendidos de los coagulantes naturales varía dependiendo de la especie de la cual se extraerá el coagulantes, así tenemos especies ya estudiadas como la Alubia roja que presenta una capacidad de remoción de sólidos en suspensión (arcilla) que

varía entre 55-65 % respecto de la turbidez inicial, el maíz dulce que presenta un rango del 70-75 % de remoción de sólidos suspendidos (arcilla) (GARCIA, 2007), uno de los mejores coagulante es el de la penca de tuna que tiene una capacidad de remoción de sólidos de entre 89-90% respecto a la turbidez inicial (MARTINEZ, 2003).

Además de la capacidad de remoción de sólidos suspendidos los coagulantes naturales presentan por lo general una mínima o nula toxicidad por ello es que la utilización de los mismos se hace necesaria e imprescindible teniendo en cuenta las realidades socioeconómicas de muchos países en este sentido la presente investigación pretende determinar la capacidad de clarificación del coagulante natural con base en *Solanum Tuberosum* (papa) que ayude a remover los sólidos totales del agua para contar con una alternativa económica de tratamiento de agua ya que los coagulantes sintéticos no son accesibles a poblaciones rurales , siendo los parámetros de turbidez , color y pH indicadores para considerar el agua para consumo humano al ser tratada por los coagulantes.

Los polímeros importantes para el tratamiento del agua pueden clasificarse según su origen, en naturales o sintéticos.

Los polímeros naturales se producen debido a las reacciones bioquímicas naturales en animales y plantas, generalmente no tienen una

sola composición química bien definida porque están constituidos principalmente por varios tipos de polisacáridos (almidón, celulosa, glucósidos, etc.) y proteínas (caseína, olieratina, gelatina, etc.), la toxicidad de estos polímeros naturales es por lo general mínima o nula a diferencia de los polímeros sintéticos que por lo general los monómeros son tóxicos. (CEPIS, 1975).

Un efecto que puede ser nocivo en algunos polielectrolitos naturales es su predisposición a incrementar el crecimiento de bacterias en el agua tratada. Estudios independientes llevados a cabo en la India y Sudán, demostraron que las semillas de nirmali y Moringa, cuando se utilizaron como coadyuvantes coagulantes, inicialmente eliminaron las bacterias del agua, pero después de varias horas el número de bacterias aumentó ligeramente (JAHN y HAMID, 1979). Este fenómeno se atribuyó al material orgánico presente en las semillas, el cual, se piensa, proporciona un sustrato adicional para el crecimiento de las bacterias. Sin embargo, la desinfección adecuada del agua tratada eliminará los microorganismos; incluyendo, por supuesto, las bacterias (ZHANG et al, 2006).

La comunidad campesina de Huallhua del distrito de San Javier de Alpbamba, provincia de Paucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho, tiene 60 familias campesinas según INEI 2007,

aproximadamente con 635 pobladores (PUEBLOS DEL PERÚ, 2016), se estima un consumo de agua al día por habitante de 50 litros (MINSA,1993)

La comunidad de Huallhua ha sido impactada negativamente por la actividad minera en cuanto a calidad de agua para consumo, debido a que en la etapa de construcción la unidad minera removió material particulado que fue lavado por las lluvias torrenciales que finalmente desembocaron en el río Patarí generando así que las aguas del río se tornen turbias convirtiéndose en no apta para el consumo humano.

Para clarificar el agua turbia en comunidades rurales comúnmente se usan coagulantes naturales, por su bajo costo y alta eficacia, sin embargo, al ser este coagulante un material orgánico tiene a descomponerse generando olores, así también si la dosis suministrada no es la óptima y se excede el agua tiende a tomar un color turbio dependiendo del coagulante extraído.

1.2 Formulación del problema

¿El coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) permitirá clarificar el agua del río Patari para uso de consumo humano?

1.3 Objetivos de la investigación (general y específicos)

1.3.1 Objetivo general:

- Determinar la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) en la purificación del agua del río Patari para su uso como consumo humano.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Evaluar la calidad del agua del río Patari para su uso de consumo humano.
- Extraer el coagulante Natural de la papa (*Solanum Tuberosum*).
- Determinar la dosis óptima de coagulante natural en el tratamiento del agua del río Patari para consumo humano.
- Evaluar la capacidad de clarificación del coagulante natural de la papa (*Solanum Tuberosum*).

1.4 Justificación

La presente investigación surge como una alternativa para las poblaciones rurales pequeñas que no cuentan con la tecnología e infraestructura adecuada para el tratamiento del agua para consumo humano, debido a la centralización de recursos por parte del gobierno que se manifiesta en el poco presupuesto destinado a las zonas rurales y de la falta de inversión por parte de las empresas privadas ya que en poblaciones rurales la cantidad de personas es mínima comparada con la capital Lima haciendo

que sus inversiones en estos lugares no sean rentables, por ello se plantea una alternativa económica y eficaz que es la utilización del coagulante natural obtenido de la papa (*Solanum Tuberosum*) para clarificar el agua superficial proveniente del río Patarí.

La comunidad campesina de Huallhua presenta una población pequeña de sesenta familias (INEI, 2007) y no cuenta con una planta de tratamiento de agua superficial por eso es importante utilizar plantas naturales de la zona que abundan y son económicas para el tratamiento de aguas superficiales.

En la actualidad existe una gran variedad de coagulantes sintéticos que no son accesibles económicamente por las poblaciones rurales es por ello que como alternativa se plantea el uso de coagulantes naturales, hay una gran variedad de estos coagulantes que han sido utilizados para clarificar el agua en zonas de escasos recursos económicos debido a que el agua posee propiedades peculiares físicas y químicas que provienen en gran parte de su cohesión interna extraordinaria cuando se compara con otro líquido. Las partículas coloidales en el agua por lo general están cargadas negativamente por grupos COO^- y OH^- , el coagulante natural remueve estas partículas cargadas negativamente mediante iones cargados positivamente, de esta manera se produce la aglomeración mediante fuerzas de van der Waals, para posteriormente formar microflóculos y más

tarde flóculos que pueden sedimentarse fácilmente. Por ello que para llevar acabo el estudio se utilizará un tubérculo que crece en la zona alto andina (Zona de estudio) que es la papa (*Solanum Tuberosum*) especie que crece y abunda en el departamento de Ayacucho.

1.5 Importancia

1.5.1 Legal

El estudio del coagulante Natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*, para el tratamiento de agua permitirá contar con una alternativa de tratamiento de aguas superficiales en zonas rurales y dar cumplimiento a los parámetros de calidad como: pH, turbiedad, sólidos totales, temperatura (DS N°004-2017-MINAM) categoría 1 agua para consumo humano.

Con el uso del coagulante natural extraído de la papa se espera clarificar el agua para consumo humano del rio Patarí y así cumplir con el estándar de calidad ambiental para el agua reduciendo los parámetros de turbidez y color que se presentan elevados por las actividades constructivas de las mineras aguas arriba.

1.5.2 Teórica

La comunidad campesina de Huallhua presenta una población pequeña de sesenta familias (INEI, 2007) y consume agua superficial del río Patari, las zonas rurales en su mayoría no cuentan con plantas de tratamiento de agua

superficial, por lo que es de importancia buscar alternativas naturales y económicas para el tratamiento de aguas superficiales.

En la actualidad existe una gran variedad de coagulantes naturales que han sido utilizados para clarificar el agua en zonas de escasos recursos económicos es por ello que para llevar a cabo el estudio se utilizará un tubérculo que crece en la zona alto andina (Zona de estudio) que es la papa (*Solanum Tuberosum*) especie que crece y abunda en el departamento de Ayacucho.

Con el uso del coagulante natural extraído de la papa se espera tener una formación eficiente de flóculos mediante la agitación continua del agitador magnético la que nos permita seguir un proceso correcto de sedimentación a fin de tener agua apta para consumo humano en la población de Huallhua.

1.5.3 Económica

La población de Huallhua utiliza el agua para consumo humano el agua del río Patari sin tratamiento alguno, por lo que el tratamiento con el coagulante natural obtenido de la papa (*Solanum Tuberosum*), permitirá mejorar la calidad del agua a ser utilizada para consumo humano.

La materia prima de este coagulante natural es accesible a la población por ser un recurso de la zona, hecho que disminuye los costos de

tratamiento y posibilita la mejora de la calidad del agua para el consumo humano.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

- En la investigación desarrollada (SILVAN, 2011) comparó mezclas con potencial coagulante compuestas por almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y sulfato de aluminio grado comercial, que permitirían reducir la cantidad de sulfato de aluminio usado en plantas de tratamiento de agua. Tiene como objetivo implementar un coagulante natural que pueda servir de sustituto al sulfato de aluminio (coagulante sintético). Se utilizó la metodología de Aparicio para la obtención del coagulante y posterior a ello se utilizó el test de jarras para determinar la dosis optima, el análisis de varianza y medias en los tratamientos se diseñó completamente al azar, caso existiera diferencias entre los tratamientos se realizó una prueba de medias por el método de Dunnett. Los resultados obtenidos lograron remociones de turbiedad del 98.7% para el sulfato de aluminio comercial mientras que para la mezcla del tratamiento de sulfato de aluminio y coagulante extraído de la yuca remueve 97.9 %, así también el pH no se modifica para ningun caso en donde se demostró que el empleo de almidón como agente coadyuvante mezclado con sulfato de aluminio (agente coagulante)

permitió la remoción del color lo que da lugar a reducir costos económicos, el impacto ambiental y los efectos a la salud pública.

- El estudio realizado por (GARCIA, 2007) tuvo como objetivo estudiar la utilización de coagulantes naturales extraídos de semillas autóctonas como un método de potabilización de agua para países en vías de desarrollo. Se seleccionó semillas de especies endémicas de la sierra andina ecuatoriana, que se caracteriza por su bajo coste y fácil adquisición. Dado los escasos recursos existentes en la zona donde se llevó a cabo la aplicación real, los test de actividad coagulante se realizaron de forma cualitativa observando la reducción en la turbiedad del agua tratada con el extracto de la semilla, por comparación visual con el blanco.

Los métodos a utilizar en el desarrollo experimental del trabajo se basaron en cromatografía de exclusión molecular o filtración en gel, Método Bradford, Cromatografía de intercambio iónico y electroforesis nativa y desnaturalizante.

Los resultados experimentales obtenidos permiten concluir que:

- **Alubia roja:** el extracto crudo actúa como un coagulante natural primario, ya que reduce la turbidez del agua en un rango de 55-65 % respecto de la turbidez inicial. Este coagulante, admite su manipulación y trabajo a temperatura ambiente.
- **Maíz dulce:** el extracto crudo es un buen coagulante primario natural debido a que permite reducir la turbidez del agua tratada en un rango

del 70-75 %, respecto del inicial. El extracto puede ser utilizado a temperatura ambiente y el tiempo de sedimentación estimado es de 60 minutos.

- La tesis desarrollada por (MARTÍNEZ , 2012) se realizó una investigación cuantitativa experimental en donde evaluaron la capacidad que tiene el polvo obtenido a partir de la Tuna (*Opuntia ficus indica*) para remover la turbidez y color presentes en aguas crudas.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el poder coagulante de la Tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas.

La investigación fue cuantitativa de tipo experimental, se utilizó un diseño factorial multinivel con los datos obtenidos de la prueba de jarras, las cuales fueron replicadas con el objetivo de verificar la reproducibilidad de los experimentos y darle mayor potencia al análisis estadístico.

Finalmente resultó que el coagulante natural estudiado no le confirió ningún otro sabor al agua cruda, también se destacó por poseer una densidad inferior a la del agua, pH ligeramente ácido y alto contenido de carbohidratos, por lo tanto, considerándose como un polielectrolito. Sumado a esto, el polvo no se deterioró mientras se mantuvo en estado sólido y almacenado por varios días a temperatura ambiente en un desecador.

El análisis de los resultados obtenidos permitió establecer, que en las condiciones manejadas durante las pruebas de jarra, el coagulante natural alcanzo una eficiencia satisfactoria (84.52%), además logro remover un gran porcentaje de turbidez (85.76%) y de color (57.14%) presente en el agua cruda, utilizando dosis similares a la de los coagulantes metálicos con mayor uso en la actualidad para los procesos de tratamiento de agua potable. Usando una velocidad de 40 rpm y una dosis de 50 mg/L como velocidad de agitación los flóculos generados se esparcieron en un área más grande, propiciando el contacto de estos con un número mayor de partículas coloidales, por tanto este régimen de agitación favoreció la clarificación del agua.

- La tesis que realizó (OJEDA, 2012) tuvo como objetivo determinar la eficiencia de un coagulante – floculante natural como es el almidón de mashua.

Se realizó la extracción de almidón según el método descrito por Córdova posterior a ello se realizó el test de jarras, con los que se determinó la concentración y dosis optima de la solución a ser aplicada, evaluando su turbiedad , color y pH, residual, adicionalmente se varió la temperatura , pH , velocidad y tiempo de mezcla lenta .

Se obtuvo como resultado que el almidón de mashua no presenta resultados favorables al reemplazar al sulfato de aluminio y ser utilizado como coagulante, pero al ser aplicado como ayudante de floculación

presenta resultados similares a la del polímero praestol que es utilizado en la planta de Puengasi con este mismo fin.

Al relacionar las dosis necesarias de mashua y praestol para obtener los mismos resultados de eficiencia con la misma agua cruda, se concluyó que para tratar un metro cubico de agua cruda, los costos para el caso del almidón de mashua al extraerlo a nivel industrial seria aproximadamente tres veces menor al obtenido a nivel artesanal.

- En la investigación desarrollada por (ALMENDÁREZ, 2014) tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del mucílago extraído del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario al sulfato de alumino, en el proceso de clarificación de agua proveniente del Río Magdalena.

Se utilizó el “Cochifloc” este polímero fue extraído de las pencas de la Tuna *Opuntia Cochinellífera* (planta nativa) se utilizó como coagulante natural primario en aguas del lago de Managua “Xolotlan” (Piedras Azules), este coagulante fue extraido mediante tratamiento térmico y luego pulverizado en un mortero para luego realizar determinaciones en el equipo de jarras.

Se tuvo como resultado que el Cochifloc como coagulante primario es sensible a las concentraciones de las soluciones de 2 y 1%. Para el 2% la eliminación por turbidez fue del 63% (pH sin corrección) y del 91% (para pH corregido). Para el 1% la eliminación fue del 48% a pH = 7,0 y del 53% a pH de 12,01.

- En el estudio desarrollado por (APAZA, 2013) se corroboró que a lo largo del río Chili existen numerosas tuberías de desechos domésticos, y que éstas, sin ningún tipo de tratamiento son vertidas directamente al río Chili. El análisis inicial que se realizó en las aguas del río Chili muestran el grado de contaminación que tiene, en especial de coliformes fecales y totales, alcanzando valores de 17'000,000 y 22'000,000 NMP/100ml respectivamente. La presencia de metales, tales como el aluminio, con una concentración de 0.952 mg/L, y hierro, con 0.909 mg/L, quizás se deba a los desechos del parque industrial de Arequipa. La presencia de fósforo con 1.114 mg/L se debe al uso pesticidas, fertilizantes químicos que son aplicados en los cultivos.

La investigación tiene por objetivo diseñar, construir y evaluar un sistema de tratamiento ecológico como alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa utilizando las pencas del nogal.

Mediante el método de test de jarras se determinó la dosis optima logrado reducir la turbidez hasta un valor de 18.34, y un pH de 7.11, lo cual es favorable, ya que el resto de contaminantes se logrará purificar mediante el filtro.

El sistema desarrollado comprendió un primer tratamiento con extracto de nopal con concentraciones de 80%, y luego el tratamiento con un filtro, lograron reducir especialmente los niveles de coliformes totales y

turbidez, hasta un valor de 2,000 NMP/ 100 ml y 4.1 UNT respectivamente.

De los ensayos para la determinación de la concentración óptima de sulfato de aluminio se determinó que es a una concentración de 1%, llegándose a reducir de una turbidez de 68 NTU a 0.10 NTU.

- En la investigación desarrollada por (RICAURTE, 2014) tiene por objetivo definir al Quitosano como un coagulante efectivo para el tratamiento de agua para consumo humano.
- El tiempo de formación del floc del Quitosano fue a los 3':47" y 5':34 "del sulfato de aluminio, es decir que la formación de floc del Quitosano es mucho más rápido que la del coagulante químico estudiado, también se pudo observar que el floc producido por el Quitosano, se sedimentó en su totalidad, dejando el agua cristalina, además el tamaño del floc es relativamente mayor comparado con el coagulante químico usado en la planta de tratamiento de agua potable de la Empresa de Servicios Públicos de Valledupar.
- Los resultados demostraron la eficacia del Quitosano para remover los Sólidos suspendidos totales de 726,66 mg/L y turbidez de 400 NTU a valores mínimos 10,49mg/L y 7,10NTU, con pH iniciales de 7,49; las dosis óptimas para Quitosano fue de 35mg/L respectivamente, al finalizar el tratamiento se obtuvo valores de pH = 6,85, los porcentaje de remoción de los sólidos suspendidos totales para dicha concentraciones fue de 98,55% y para turbidez fue 98,22%. Para color

disminuyó de 32,1UPC a valor 5,74UPC. Al tratar con Sulfato de Aluminio obtuvimos una dosis optima de 40 mg /L para remover los sólidos suspendidos totales de 726,66 mg/L y turbidez 400NTU a valores mínimo de 12,24 mg/L y 9,81NTU, observando gran variación en el pH ya que de disminuye de 7,66 a 6,45. El porcentaje de remoción de solidos suspendidos totales estuvo en 98,31%y turbidez de 97,54%. Para color disminuyó de 32,1UPC a valor 7,93UPC.

El resultado final indica que el Quitosano presenta buenos resultados de remoción de solidos suspendidos totales 98,55% responsables de la turbidez y color del agua.

- En la tesis realizada por (AGUILAR, 2010), tiene por objetivo demostrar el posible uso de la goma de tara como polímero natural aplicado al tratamiento de agua potable.

Demostró que la goma de tara se puede utilizar como ayudante de floculación, obteniendo mejoras en la calidad de agua decantada. En la primera etapa de las pruebas de jarras se observó la mejora de la remoción de turbiedad adicionando goma de tara como ayudante de floculación, utilizando solo el sulfato de aluminio se obtuvo una turbiedad de 3,4 UNT, mientras que en el agua de Tipo II = 25 UNT con el sulfato de aluminio 2,5 UNT y agregando la goma de tara se obtuvo 1,7 UNT de turbiedad.

- En la tesis realizada por (VAZQUEZ, 1994) tiene por objetivo lograr la clarificación de aguas superficiales y la remoción de metales pesados

en muestras sintéticas y de agua residual con coagulante natural extraído de diversas especies.

Se aplicó el método de Dujardin para extraer el coagulante. En la muestra sintética con color se obtuvieron resultados de remoción de grupos orgánicos de 200 unidades iniciales a 40 finales en la escala Pt-Co con la aplicación de alumbre, en lo que se refiere a SST existe una remoción de 40 %.

En las muestras en que se aplicó alumbre y coagulante natural se obtuvo una remoción de color de 200 a 35 unidades, lo que representó un 82.5 %.

En sólidos suspendidos totales (SST) la remoción fue de 40 % para las dos especies utilizadas como coadyuvantes y para la muestra en la que se aplicó sulfato de aluminio único.

Para sólidos totales (ST) la remoción fue de 15.2 % para la muestra en la que aplicó sulfato de aluminio; en las muestras en las que se aplicó coadyuvante se logró un 12.5 % y 8.0 %.

- En la tesis realizada por (HERRERA, 2015), se persiguió demostrar que con el uso y modificación del almidón nativo de la especie de papa (*Solanum tuberosum*) proveniente del Departamento de Boyacá (Colombia) , se cuenta con la capacidad para la remoción de turbidez de aguas contaminadas y una posible alternativa y sustituto de los polímeros sintéticos debido a su alto costo, se utilizó en el tratamiento sulfato de aluminio, almidón de papa nativo y almidón de papa oxidado

a través de un método dividido en cuatro fases; Fase I: Extracción y caracterización del almidón; Fase II: Modificación química del almidón por oxidación; Fase III: Identificación estructural mediante análisis instrumental y la Fase IV: Prueba de jarras, obteniéndose como resultado un 12-19 % de rendimiento obtenido de la especie de papa, la dosis optima de almidón de papa nativa fue 60 mg/L lográndose disminuir la turbiedad de 355 UNT a 19,2 UNT, el color de 1660 UPC a 395 UPC y el pH de 7,34 a 7,05 de acuerdo a los valores reportados de turbiedad se observó que el almidón de papa nativo presenta los mejores resultados en cuanto a turbidez y pH al ser usado como coagulante-floculante, a diferencia del sulfato de aluminio y el almidón oxidado y en cuanto a la variable del color, se observa que los valores disminuyen gradualmente, sin embargo, continúan siendo altos, por lo cual referente al color no permiten el cumplimiento del Decreto Colombiano 1594 de 1984 , por parte de ninguno de los floculantes usados anteriormente.

El uso de polímeros orgánicos provenientes del almidón de papa, ya sea nativo o modificado químicamente por oxidación, han demostrado mejorar la calidad del efluente e incrementa la velocidad de sedimentación, por lo cual al utilizar como coagulante natural al almidón de papa se reduciría el volumen de lodos depositados, de esta manera se facilita la disposición final y la reducción de costos de tratamiento.

- En el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto minero Inmaculada (INGENIEROS SAC, 2011), se tiene por objetivo de estudio Elaborar un diagnóstico ambiental/ social del área de influencia del Proyecto.

2.2 Bases epistémicas

La disponibilidad de agua de buena calidad ha guiado la historia de la humanidad desde sus principios. Desde mucho antes de que los seres humanos anduvieran erguidos, sus movimientos sobre la faz de la tierra han estado motivados, principalmente, por la obtención de agua y otros alimentos, sin embargo, al hombre se le ocurrió que el agua no solo es para consumo humano y/o animal sino también para el desarrollo de actividades industriales, constructivas e incluso para vertimiento de desechos humanos.

Estas actividades generan diversas fuentes contaminantes que le agregan gran cantidad de material particulado y otros que vuelven turbia el agua y por ende alteran su color teniendo con ello agua no apta para consumo humano, raíz de esto el mismo hombre busca como regresar el agua a su estado natural tomando por solución el uso de coagulantes para tratamiento de agua superficial.

El saber médico sanscrito, 2000 años antes de Cristo, advertía: “mantener el agua en vasijas de cobre, para exponerla a la luz solar y filtrar a través de carbón de leña...Para tratar agua impura por hervido y exposición a la luz solar”. Este saber, junto con las inscripciones egipcias, nos proporciona los conocimientos fidedignos más antiguos del tratamiento del agua. La sedimentación y el filtrado fueron los primeros tratamientos utilizados, aunque pronto empezaron a utilizarse otras sustancias de origen natural, que facilitaban estos procesos. Los egipcios conocían el sulfato de alumina, coagulante utilizado hoy en día, aunque la primera noticia que tenemos de su empleo como coagulante para potabilizar agua data del año 77 después de Cristo, cuando Plinio describe su utilización, junto con la cal de Rodas, “para convertir aguas amargas en potables”.

En las zonas urbanas que cuentan con una o varias plantas de tratamiento de agua es común ver el uso de coagulantes sintéticos para tratar el agua pero ¿Qué pasa con las poblaciones que no cuentan con tecnología y recursos?, este fue un problema que no solo aquejó a las poblaciones rurales de nuestro país sino también a continentes como África que alberga muchos países de escasos recursos, entonces ¿Ellos no tienen posibilidad de consumir agua apta para consumo humano?, bien dadas las situaciones las poblaciones que no contaban con recursos económicos para la construcción de plantas de tratamiento y uso de coagulantes sintéticos encontraron la solución en varias plantas de su zona, hablamos de la penca de tuna, la yuca, la papa, la pepa de durazno entre otros que fueron puestos

a prueba por científicos para de esta manera darle solución a las población de escasos recursos y que puedan obtener agua apta para consumo humano y no solo eso sino alternativas para las plantas de tratamiento de obtener un coagulante de menor precio y con la misma eficiencia.

En base a todo lo mencionado es que el presente estudio opto por el problema que aquejo a la población de Huallhua al tener un rio con gran cantidad de material particulado. Se tomó un tubérculo abundante en la zona como es la papa para analizar su capacidad clarificadora en el agua superficial del rio Patari.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 El agua

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. (OMS, 2006)

Se considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso (OPS y CEPIS, 2004).

a. Características físicas de las aguas naturales

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (OPS y CEPIS, 2004).

Los parámetros físicos Químicos que determinan las características físicas del agua son: Turbiedad; Sólidos solubles e insolubles; Color, Temperatura y pH.

➤ Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad 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 menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). (OPS y CEPIS, 2004).

➤ Sólidos y residuos

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada.

Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos (OPS y CEPIS, 2004).

- **Sólidos totales**

Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido.

Equivalencias:

Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos

Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

- **Sólidos disueltos o residuos disueltos**

Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada. Comprenden sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro (1 μ) (OPS y CEPIS, 2004).

- **Sólidos en suspensión**

Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio (OPS y CEPIS, 2004).

- **Sólidos volátiles y fijos.**

Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 °C, mientras que el material remanente se define como sólidos fijos.

La mayor parte de los sólidos volátiles corresponden a material orgánico.

Los sólidos fijos corresponden, más bien, a material inorgánico.

- **Color**

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal;
- la descomposición de la materia;
- la materia orgánica del suelo;
- la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos;
- y
- una combinación de los procesos descritos.

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados (OPS y CEPIS, 2004).

➤ **Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general 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 (OPS y CEPIS, 2004).

➤ **pH**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9.

Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes. Se considera que el pH de las

aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua.

Las guías canadienses han establecido el rango de pH 6,5 a 8,5 para el agua potable (OPS y CEPIS, 2004).

b. Aguas superficiales: El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas (EPA, 2004).

Tipos de aguas superficiales

- **Aguas lóaticas o corrientes:** Son las masas de agua que se mueven siempre en una misma dirección como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos.
- **Aguas lénticas:** Se denominan aguas lénticas a las interiores quietas o estancadas tales como los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos.

2.3.2 Calidad del agua

La evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia.

En el caso de los aditivos (sustancias procedentes en su mayoría de los materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de consumo), la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución para calcular un valor que puede compararse con el valor de referencia.

Es importante que los valores de referencia recomendados sean tales que su aplicación sea práctica y factible, así como que proteja la salud pública. No suelen establecerse valores de referencia en concentraciones inferiores a los límites de detección alcanzables en las condiciones operativas rutinarias de laboratorio. Además, al establecer los valores de referencia se tienen en cuenta las técnicas disponibles para controlar, eliminar o reducir la concentración del contaminante hasta el nivel deseado. Por lo tanto, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes de los que se dispone de información

sujeta a cierta incertidumbre o cuando no es posible, en la práctica, reducir la concentración hasta los niveles de referencia calculados (OMS, 2006).

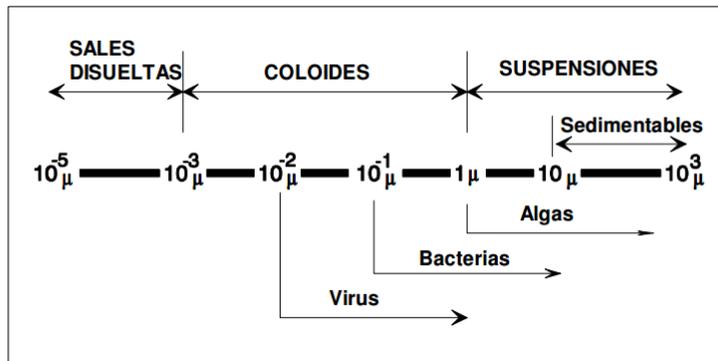
2.3.3 Proceso de clarificación.

Uno de los procesos del tratamiento de agua para su clarificación son: coagulación, floculación y separación de partículas, los dos primeros son solamente procesos preparatorios para el tercero que puede hacerse por sedimentación o filtración o ambos consecutivamente que es lo más común (ARBOLEDA, 1972)

➤ Tipos de partículas sólidas en el agua:

El contenido de sólidos totales de un agua, natural o residual, es uno de los parámetros físicos más importantes. Los sólidos totales están compuestos por materias flotantes, materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución. Los sólidos totales, o residuo seco, se pueden clasificar en sólidos suspendidos y filtrables. La fracción filtrable se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro que oscila de 10^{-3} a $1 \mu\text{m}$. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua. (Véase la Figura N° 2.1, en la página 41)

FIGURA N° 2. 1
CLASIFICACIÓN E INTERVALO DE TAMAÑOS DE PARTÍCULAS PRESENTES EN EL AGUA

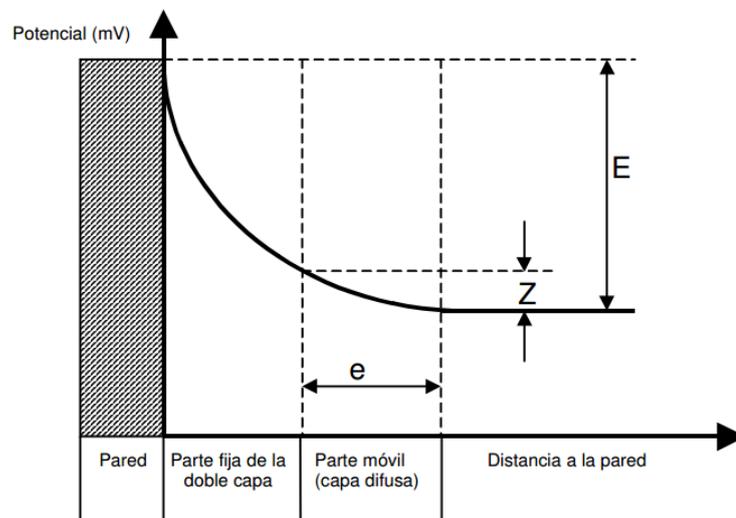


Fuente: (KEMMER et al, 1999)

A los sólidos con tamaños mayores que 0.200 mm se les suele denominar arenas. Los limos, arcillas, bacterias, etc., quedan retenidos al filtrar el agua, su tamaño es superior a 0.1 μ m. Las hipótesis realizadas en el capítulo anterior sobre decantación libre sólo eran válidas para tamaños mayores de 200 μ m. No se puede aplicar la ley de Stokes a tamaños menores. En la sedimentación de pequeñas partículas intervienen otros factores. La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación. La turbidez y el color suelen estar asociados a partículas coloidales. En estos tamaños de partículas las propiedades superficiales y las cargas eléctricas tienen efectos más importantes que el peso relativo de la partícula en el agua. Las partículas coloidales presentan cargas superficiales electrostáticas que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar. Estas cargas son, en general, negativas. Un coloide puede estar en suspensión casi un tiempo infinito. Se

considera a las partículas coloidales como ionizadas parcialmente en su superficie, y que se desplazan bajo la acción de un campo eléctrico. Por los efectos electrocinéticos se afirma que hay una doble capa iónica en la interfaz coloide-líquida, con la siguiente estructura ideal (Véase la figura N° 2.2)

FIGURA N° 2. 2
ESTRUCTURA IDEAL DE LA DOBLE CAPA EN LA INTERFAZ
COLOIDE-LÍQUIDA



Fuente: (KEMMER et al, 1999)

Se supone que una parte de la doble capa se adhiere a la pared, mientras que la otra se mueve bajo la acción del campo eléctrico, existiendo una diferencia de potencial (Zeta), de tipo electrocinética, entre la superficie que separa la interfaz fija/móvil y el seno del líquido. Existe también un potencial termodinámico, E, igual a la diferencia de potencial entre la pared y el seno del líquido. Z depende a la vez de E y del espesor de la doble capa. Su valor determina la magnitud de las fuerzas electrostáticas de

repulsión entre las partículas, y, por tanto, su probabilidad de adhesión. Para medir el potencial Z se utiliza un aparato llamado Zetámetro. También se puede calcular mediante:

$$Z = \frac{k\mu v}{D}$$

Donde:

μ : viscosidad dinámica (poises)

v: movilidad de la partícula (microsegundos/voltio/cm)

D: constante dieléctrica del medio

Z: se expresa en mV

➤ **Naturaleza de las partículas en el agua residual.**

Existen dos clases generales de partículas sólidas coloidales en los líquidos; se les llama coloidales hidrofóbicos (adversos al agua) e hidrofílicos (afines al agua). Estos dos tipos de partículas se basan en la atracción que existe en la superficie de la partícula por el agua.

Algunos coloides son estables indefinidamente y algunos no lo son.

Termodinámicamente los sistemas coloidales estables son llamados reversibles y los no estables son llamados irreversibles, estos últimos son concernientes al tratamiento de coagulación química de agua residual. En las aguas naturales los coloides se encuentran siempre cargados negativamente, lo mismo sucede con frecuencia en las aguas residuales (SUSUMU, 1991).

➤ **Carga superficial de las partículas.**

El movimiento browniano de las partículas coloidales es un factor importante que causa que las partículas permanezcan suspendidas indefinidamente. Las partículas coloidales en toda dispersión acuosa dada, llevan la misma carga eléctrica ya sea positiva o negativa, a lo cual se debe la adsorción selectiva de los iones de agua, o un ion de un electrolito presente en pequeña concentración, La repulsión electrostática de las partículas similarmente cargadas, es uno de los factores que contribuyen a la permanencia de las dispersión (VAZQUEZ, 1994).

➤ **Coagulación y floculación en el tratamiento**

Los procesos de coagulación-floculación se emplean para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidos siempre que su rigidez natural de asentamiento sea demasiado bajo para proporcionar clarificación efectiva. La clarificación del agua, el ablandamiento con cal, el espesamiento del lodo y el decantamiento dependen de una correcta aplicación de las teorías de la floculación y coagulación para que pueda efectuarse con éxito (PINTO, 1974).

Tomando como ejemplo la clarificación de agua superficial, el agua turbia contiene material suspendido, tanto solido que pueden asentarse como partícula lo bastante grande que se asientan en reposo, o solido no

dispersado que no se asentaran con facilidad. Una parte considerable de estos solidos que no se asientan pueden ser coloides. Cada partícula se encuentra estabilizada por cargas eléctricas negativas sobre su superficie, haciendo que repelen dos polos magnéticos. Esta impide el choque de las partículas y que se formen así masas mayores llamadas flóculos (GONZALES, 1977).

La coagulación desestabiliza los coloides al neutralizar las fuerzas que las mantiene separadas. Esto se logra por lo general, añadiendo coagulantes químicos y aplicando energía de mezclado. Las sustancias químicas de uso común son las sales de aluminio, las sales de hierro y los polielectrolitos. Las sustancias químicas cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos. Estos flóculos, inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de asentarse. El proceso de desestabilización es la coagulación, la etapa de formación de floculo es la floculación. Este proceso todavía se halla en estudios avanzados (GONZALES, 1977).

Las especies halladas en el agua cruda y en agua de desechos, incluye arcillas, sílice, hierro y otros metales pesados (Hg, Cd, Pb) color y solidos orgánicos, como residuos de organismos muertos. Los coloides también pueden producirse en los procesos de precipitación como el ablandamiento

con cal. Los coloides siempre necesitan coagularse para alcanzar un mayor tamaño y una rapidez de asentamiento, pero aun partículas mayores, que no son realmente coloides y que se asentarían si se les diera un tiempo suficiente, pero en el tratamiento de aguas potables este tiempo es limitado, requiere de la coagulación para formar un floculo mayor.

Cuando en una planta de tratamiento no se dispone de tiempo suficiente para extraer los sólidos suspendidos, la coagulación y la floculación puede provocar su crecimiento y asentarse con la suficiente rapidez para superar las limitaciones del diseño de la planta (ROMERO, 1999).

Los términos floculación y coagulación son con frecuencia intercambios de cationes o aniones, sin embargo, cuando se le considera como dos mecanismos distintos pueden conducir a un mejor entendimiento de la clarificación (PINTO, 1974).

a. Modelo físico-químico

Una dispersión coloidal hace que no se tenga una carga eléctrica neta, así que la carga primaria debe ser contra balanceada en la fase acuosa. Como resultado, una doble capa eléctrica existe en toda interface entre un sólido y agua (RIVAS, 1963).

- **Desestabilización de partículas coloidales**

El modelo físico (doble capa) (CEPIS, 1983) explica la coagulación del agua teniendo en cuenta las fuerzas electrostáticas existentes en las partículas, considerándolas rodeadas de una doble capa eléctrica que interacciona con la fase acuosa. Para explicar este concepto, se han presentado, sucesivamente, tres teorías (Véase la Figura N° 2.3, en la página 49):

(a). Supone que acudirán a la superficie del coloide, tantos iones positivos (contraiones) del medio dispersante cuantos sean necesarios para neutralizar su carga, se formara una capa adherida alrededor de él, en la que caerá todo el potencial ψ , esta teoría inicial fue propuesta por Helmholtz en 1879 y analizada por Nernst diez años más tarde. (CEPIS, 1983).

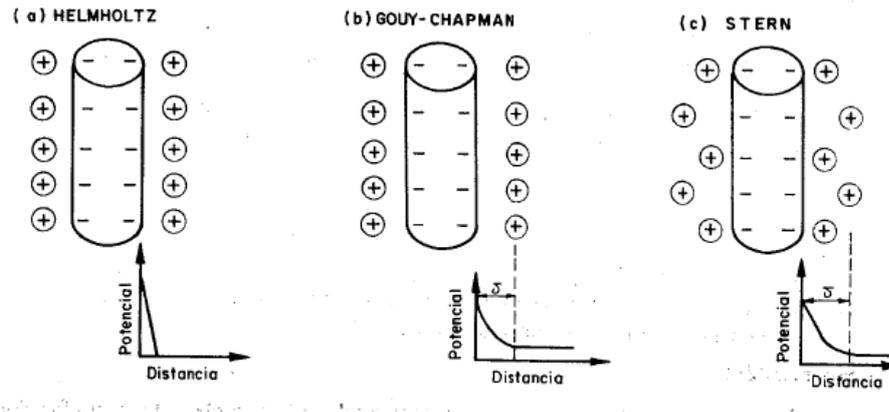
(b). Gouy en 1910 y Chapman en 1913 demostraron que la teoría de Helmholtz – Nerst, no era adecuada, pues la agitación térmica del líquido tiende a separar los contraiones de la superficie del coloide y a formar una capa difusa alrededor de ella, en la que el potencial cae lentamente prolongándose hasta una distancia δ dentro del líquido que la rodea. (CEPIS, 1983)

(c) En 1924, Stern mostró que era necesario aceptar la posibilidad de la coexistencia de las teorías de Helmholtz y las de Gouy, considerando la formación de una capa adherida y una capa difusa alrededor del coloide, el potencial ψ cae rápidamente en la capa adherida y lentamente en la capa difusa. (CEPIS, 1983)

(VAZQUEZ, 1994) Considera la formación de una capa adherida y una capa difusa alrededor del coloide. La capa adherida se formará al acudir a la superficie de los coloides tantos contra iones del medio dispersante cuantos sean necesarios para neutralizar su carga. La capa difusa se formará al separarse los contra iones de la superficie del coloide como resultado de la agitación del líquido, por lo tanto estos coloides no pueden formar una capa compacta doble. Los coloides que forman la capa fija quedan retenidos allí gracias a las fuerzas electrostáticas y de Van der Waals, además resisten la agitación térmica, lo que no sucede con la capa difusa de iones.

FIGURA N° 2. 3

MODELO FÍSICO DOBLE CAPA



Fuente: (CEPIS, 1983)

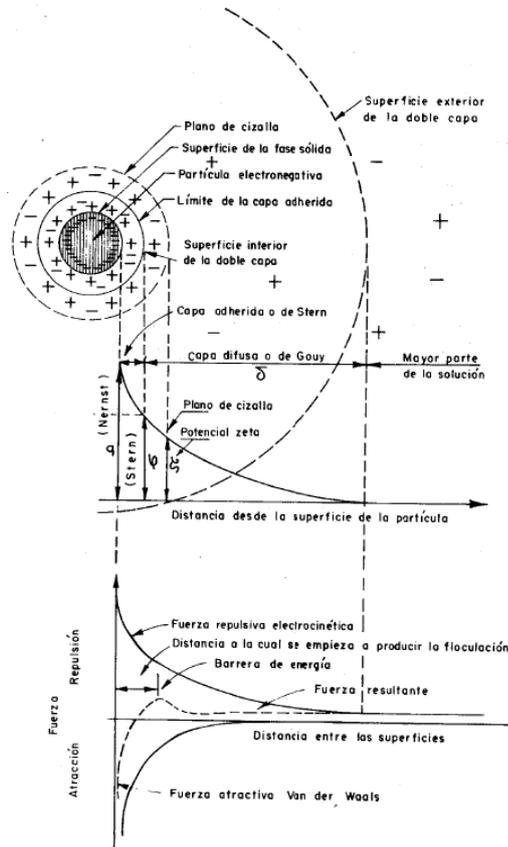
En un coloide deben tenerse en cuenta tres potenciales (Véase la Figura N° 2.4, en la página 50)

El potencial de Nernst que existe en la superficie del coloide, el potencial de Stern que existe en la superficie interior de la doble capa y el potencial Zeta (Z) que corresponde al potencial medido en la superficie que encierra la capa fija de iones adherida a la partícula.

Como no se puede separar el coloide de los contraiones que lo rodean, el único potencial que se puede determinar con un poco de precisión es el potencial Z, por ello se considera el más importante.

FIGURA N° 2. 4

POTENCIALES DE UN COLOIDE



Fuente: (CEPIS, 1983)

El potencial Z es un potencial electrocinético cuyo valor determina las fuerzas electrostáticas entre las partículas y por lo tanto, su probabilidad de adhesión. A medida que disminuye el potencial Z las partículas pueden aproximarse cada vez más aumentando la posibilidad de una colisión.

El uso del valor medido del potencial Z es limitado, ya que varía según la naturaleza de los componentes en la solución y, por tanto, no se trata de una medida que pueda repetirse.

El fenómeno del modelo físico de coagulación es de interés limitado en la coagulación en sistemas naturales y procesos de tratamiento de agua y agua residual, ya que los electrolitos pueden sufrir muchas interacciones de adición, atracción electrostática y repulsión. El modelo físico de coagulación, por lo tanto, podría no explicar la totalidad del fenómeno, por lo cual es necesario recurrir al modelo químico de coagulación.

El modelo químico de coagulación considera que la carga primaria de las partículas coloidales se debe a la ionización directa de los grupos químicos presentes en la superficie de ellas (hidroxilos, carboxilos, fosfatos o sulfatos) y que la precipitación de los coloides se realiza por reacción de estos grupos con los iones metálicos polivalente agregados con los coagulantes, según esto el efecto desestabilizante de ciertos iones se interpreta más en términos de interacción química que exclusivamente en términos de adsorción de contraiones en la doble capa, como el modelo físico. (CEPIS, 1983)

Fases del proceso: El desarrollo del proceso de coagulación-floculación se considera en cinco fases consecutivas (CEPIS, 1983) (Véase la Figura N° 2.5, en la página 52):

1era Fase: Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas.

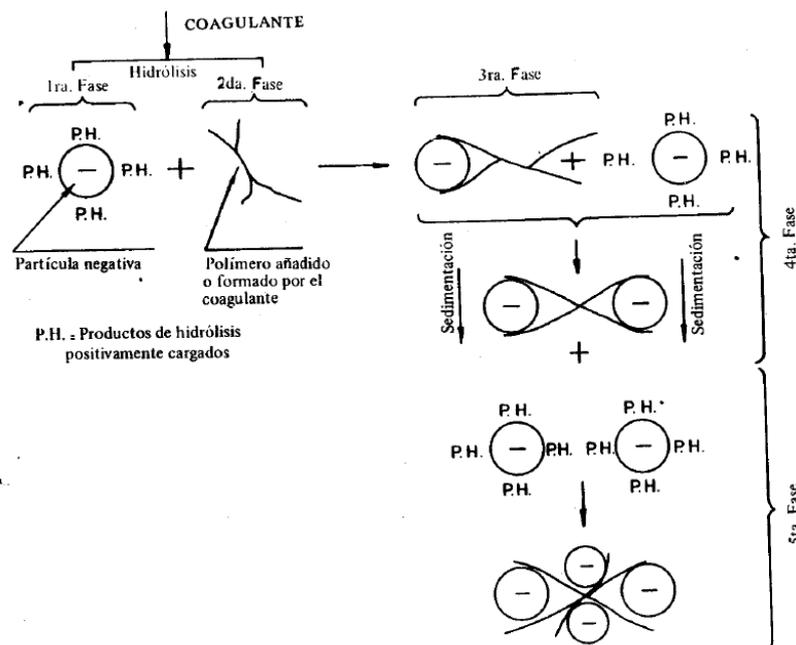
2da Fase: Formación de compuestos químicos que se polimerizan.

3era Fase: Adsorción de las cadenas poliméricas en la superficie de los coloides.

4ta Fase: Adsorción mutua entre coloides.

5ta Fase: Acción de barrido y precipitación.

FIGURA N° 2. 5
MODELO ESQUEMÁTICO DEL PROCESO DE COAGULACIÓN



Fuente: (CEPIS, 1983)

- **Transporte de partículas coloidales:**

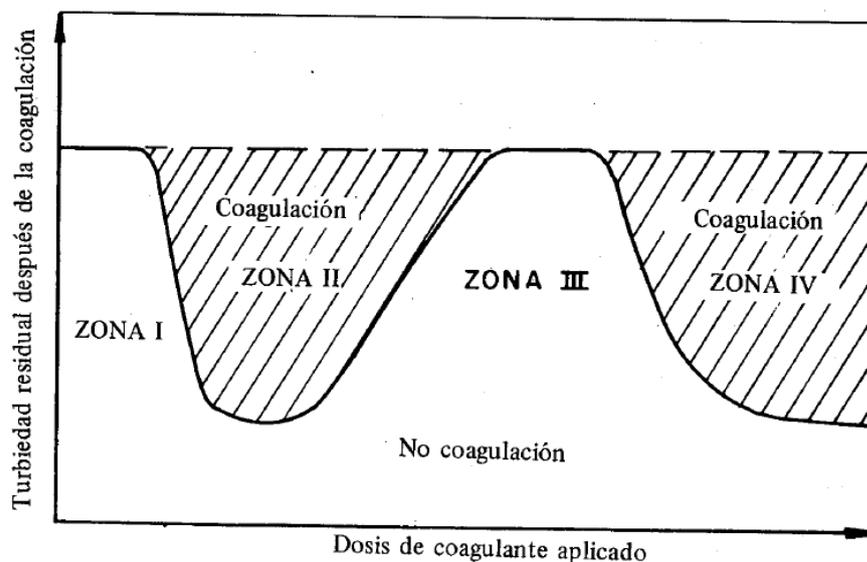
Después de desestabilizadas, las partículas coloidales tienen que trasladarse dentro del líquido para hacer contacto unas con otras y aglutinarse. Este es el proceso definido como floculación, lo cual se ha dicho que puede ser pericinetica u ortocinetica, dependiendo de

que sea el movimiento browniano o la agitación del líquido la causa principal de las colisiones. En cierta manera todas las partículas están sometidas a floculación debido a ambos mecanismos. La mayor o menor influencia de uno u otro depende del tamaño de ellas. En partículas muy finas ($< 1 \mu$), predomina el movimiento browniano (floculación pericinética); mientras que en las de mayor tamaño ($> 1\mu$), predominan las diferencias de velocidad creadas por la agitación del fluido o gradiente de velocidad (velocidad ortocinética) (CEPIS, 1983)

- **Remoción de turbiedad:**

La aplicación de una dosis de coagulante en agua que contiene partículas productoras de turbiedad (generalmente arcillas), da origen a un proceso que se puede caracterizar en la forma indicada (Véase la figura N° 2.6, en la página 54), tomada básicamente de los estudios de Langelier de 1952 y Mackrle de 1962.

FIGURA N° 2. 6
REMOCIÓN DE TURBIEDAD



Fuente: (CEPIS, 1983)

La figura muestra cuatro zonas, así:

Zona 1: La dosis de coagulante no es suficiente para desestabilizar las partículas, por lo tanto, no se produce la coagulación.

Zona 2: Al incrementar la dosis de coagulantes, se produce una rápida aglutinación de los coloides.

Zona 3: Si continua incrementándose la dosis, llega un momento en que no se produce buena coagulación, pues los coloides se reestabilizan.

Zona 4: Al aumentar aún más la dosis hasta producir súper saturación, se produce de nuevo una rápida precipitación de los

coagulantes que hace un efecto de barrido, arrastrando en su descenso las partículas de turbiedad. (CEPIS, 1983)

2.3.4 Coadyuvantes coagulantes naturales

Una gran variedad de materiales tanto sintéticos como naturales están disponibles para ayudar en la clarificación del agua. La aplicación correcta de estos coadyuvantes coagulantes puede mejorar las características de sedimentación y la firmeza del floculo, lo que a su vez permite períodos de sedimentación más cortos y tasas de filtración más altas; sin embargo, lo más importante de los coadyuvantes es que pueden reducir significativamente la dosis requerida del coagulante primario (por ejemplo: sulfato de aluminio).

Los coadyuvantes coagulantes naturales se incluyen en dos categorías:

- **Agentes adsorbentes de masa**

Las arcillas bentónicas, la galactita y otras arcillas adsorbentes se utilizan para ayudar en la coagulación de aguas que contengan color intenso o baja turbiedad; proporcionan materia suspendida adicional al agua en la que se pueden formar los flóculos. Estas partículas floculantes son luego capaces de sedimentarse rápidamente debido al alto peso específico de la arcilla (LAINES y ADAMS, 2008). La experiencia ha demostrado que las dosis de arcilla de 10 a 50 mg/L dan por resultado una buena formación de flóculos, una mejor

remoción de color y materia orgánica, y un aumento del rango de pH para una coagulación efectiva (VAZQUEZ, 1994)

- **Polielectrolitos naturales**

Es interesante saber que los polielectrolitos naturales se han utilizado por muchos siglos en los países en desarrollo para clarificar el agua. En Perú, el agua se ha clarificado tradicionalmente con la savia mucilaginosa de "pencas" obtenidas de ciertas especies de cactáceas. Jahn (1975) describe que en varios países de África (Chad, Nigeria, Sudán y Túnez) los aldeanos añaden al agua para beber, plantas nativas para reducir la turbiedad o los olores y sabores desagradables. La estructura de los polielectrolitos consiste en unidades idénticas de bajo peso molecular químicamente combinadas para formar una molécula grande de tamaño coloidal; cada unidad porta cargas eléctricas o grupos ionizables. Los polielectrolitos a menudo se clasifican por el tipo de carga que portan. Así los polímeros que poseen cargas negativas son amónicos; los que poseen cargas positivas, catiónicos y los que portan ambas cargas, positivas y negativas, son anfotéricos.

2.3.5 Coagulante natural extraído de la papa

El *Solanum Tuberosum* o papa perteneciente al género *Solanum* de la familia de las solanáceas originaria de Sudamérica.

La papa tiene un alto contenido de humedad, de acuerdo a sus características presenta almidón, minerales y las vitaminas B11, B2, B6, A, C, H y K.

Según (CAMPOS, 1991) el 20% de la composición de la papa es almidón elemento que nos ayuda en el proceso de coagulación dado que el almidón comparado con otros carbohidratos, es un producto relativamente heterogéneo. Básicamente, se puede afirmar que el almidón es un carbohidrato altamente polimerizado cuyo monómero está representado por la glucosa. Es por ello que forma enlaces con las partículas suspendidas del agua para crear coágulos que por gravedad sedimentan reduciendo la turbidez y disminuyendo el color del agua, tiene una temperatura de gelatinización de 59 a 68 °C y temperatura de gelificación de 64°C con una propiedad de cocción de Claro cohesivo a tendencia a gelificar.

En agua caliente, los almidones se separan en sus dos fracciones principales: la soluble (10 -20 %) que es amilasa y la insoluble (80-90 %) que es amilopectina.

Los granos de almidón se hinchan en presencia de agua caliente y forman una masa gelatinosa llamada engrudo. La temperatura de formación de engrudo varía, según el caso, entre 55 y 80 °C. Estas son polisacáridos de menor peso molecular que los almidones. La posterior hidrólisis del almidón produce maltosa y finalmente glucosa (MOSCOZO, 2015).

2.3.6 Metodología para extracción del Coagulante.

Aparicio (2003) utilizó la siguiente metodología para obtención del almidón, este carbohidrato se encuentra en fuentes tales como cereales, tubérculos y algunas frutas y a pesar de que su composición no cambia las propiedades si lo hacen dependiendo de la fuente de la que se extraiga.

La metodología de Aparicio consiste en remojar el tubérculo a 40°C en un recipiente con contenga un volumen de agua de seis veces el peso de la muestra. La muestra procede a molerse hasta que quede completamente desintegrada. La fibra será retenida en un tamiz y el cernido será recolectado en un recipiente que se dejará sedimentar por aproximadamente 3 horas. Luego de ello el sobrenadante se separará por decantación y el sedimento que se queda se dejará reposar en refrigeración durante una noche. Se repetirá la operación de cernido, eliminando nuevamente el sobrenadante hasta que quede pulverizada la muestra.

La dosis óptima es la mínima cantidad de coagulante que hace máxima la producción. Los aumentos de coagulante respecto de la producción siguen una curva de Gauss con el máximo desplazado hacia aumentos elevados de coagulante.

El agitador magnético se utiliza para determinar las dosis más efectivas de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, especialmente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente. Se utiliza también con objeto de determinar las velocidades de sedimentación para el diseño de tanque de sedimentación y conocer el potencial del agua cruda para la filtración directa. (AQUARA, 2010)

2.4 Normas legales

2.4.1. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM – Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

2.4.2. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM – Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación

2.4.3. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM – Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Según el artículo 3 (Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua), para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías

A. Categoría 1: Poblacional y recreacional (Véase la Tabla N° 2.1, en la página 66).

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro

filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

B. Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales. (Véase la Tabla N° 2.2, en la página 67).

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuario, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

C. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (Véase la Tabla N° 2.3, en la página 68).

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- **Agua para riego no restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- **Agua para riego restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

D. Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- **Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- **Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- **Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- **Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas

La norma legal establece los estándares nacionales de calidad ambiental para agua con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

TABLA N° 2. 1

PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS CATEGORÍA 1

Categoría 1 – Poblacional y Recreacional				
Subcategoría A – Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetro	Unidad de medida	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS - QUÍMICOS				
Color (b)	Color Pt/Co	15	100 (a)	**
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9.0
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	No aplica para esta sub categoría.
Turbiedad	UNT	5	100	**
Subcategoría B – Aguas superficiales destinadas para recreación				
Parámetro	Unidad de medida	B1	B2	
		Contacto primario	Contacto secundario	
FÍSICOS - QUÍMICOS				
Color (b)	Color Pt/Co	Sin cambio normal		Sin cambio normal
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,0 – 9,0		**
Turbiedad	UNT	100		**

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

TABLA N° 2. 2

PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS CATEGORÍA 2

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales					
Parámetro	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
FÍSICOS – QUÍMICOS					
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Color (b)	Color Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

TABLA N° 2. 3

PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS CATEGORÍA 3

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales						
Parámetro	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales		
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales		
FÍSICOS – QUÍMICOS						
Color (b)	Color Pt/Co	100 (a)		100 (a)		
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4		
Temperatura	°C	Δ3		Δ3		
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático						
Parámetro	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS – QUÍMICOS						
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ2	Δ2

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b): Después de la filtración simple.

** : No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CAPÍTULO III.

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de la investigación

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL
Independiente	Coagulante natural extraído de la papa (Solanum Tuberosum)	Sustancia que añadida al agua produce la unión de partículas en suspensión presentes en ella y su agrupamiento en coágulos.
Dependiente	Calidad del agua del río Patarí	Medio utilizado para determinar la capacidad de clarificación del coagulante natural extraído de la papa (Solanum Tuberosum)

3.2 Operacionalización de la Variables

Para el desarrollo del trabajo de tesis, Se extraerá el coagulante natural de la papa y se aplicará diferentes dosis del coagulante del Solanum Tuberosum (papa) al agua superficial a ser tratada a diferentes tiempos de contacto y velocidad de agitación, lo que dará como resultado un agua clarificada, cuyos valores se medirán con los indicadores de turbidez, color y solidos suspendidos.

Variable Independiente:

Coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*)

- Dosis suministrada: mg/L X_1 :
- Tiempo de contacto: min X_2 :
- Velocidad de agitación: rpm. X_3 ;,

Variable dependiente:

La clarificación del agua del río Patari: Y_1

Depende de la dosis tiempo y velocidad de agitación del coagulante suministrado. La cual se determinará en función a los parámetros de:

- **Turbidez:** NTU (unidades nefelométricas de turbidez)
- **Color:** Pt/Co (unidades de platino cobalto)
- **Potencial de hidrogeno:** Unidades de pH
- **Temperatura:** °C

3.3 Hipótesis general

El coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) clarifica el agua del río Patarí para uso de consumo humano.

CAPÍTULO IV.

METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es analítico-experimental donde se determina la capacidad de clarificación del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*), permitiendo la purificación del agua, tomada del río Patarí, para uso de consumo humano. Los resultados de la investigación obtenidos en la parte experimental se analizaron y discutieron utilizando el programa Excel.

4.2 Diseño de la Investigación

4.2.1 Diseño de carácter experimental

Para determinar la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) se planteó lo siguiente:

- Para la obtención de coagulante natural extraído de la papa se trabajó el proceso de secado a una temperatura de 40 °C a fin de evitar la gelatinización de este.
- El coagulante natural extraído de la papa se suministró la siguientes dosis (20, 40, 60, 80 y 100 mg/L) de esta manera se obtuvo un gráfico de tendencia para determinar la dosis óptima.

- Se comparó con la muestra inicial (0 mg/L de coagulante) a fin de determinar la capacidad clarificadora del coagulante.
- Estos resultados fueron comparados con la normativa aplicable para Agua de Consumo Humano a fin de determinar si el agua obtenida es apta para uso de consumo humano.

4.3 Población y muestra

La muestra es el agua y la población son las aguas del río Patarí, que abastece a la comunidad de Huallhua que se encuentra ubicada con las coordenadas UTM 18S Norte: 8350869 m; Este: 689551 m distrito de San Javier de Alpbamba, provincia de Paucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho, que cuenta con una población de 60 familias.

Aguas arriba de la comunidad de Huallhua se ubica un Proyecto minero Inmaculada el cual se encuentra en etapa constructiva, en esta etapa se realizan las actividades de movimiento de tierras para colocar las bases (zapatas, pedestales). Esta actividad de movimiento de tierras desprende gran cantidad de material sedimentario el cual es lavado por las lluvias torrenciales llegando así todo el material lavado a la quebrada Patarí generando un contenido de sedimentos elevado, impactando así negativamente la calidad de agua que consume la población de Huallhua. La toma de muestra se realizó según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (DGCRH). (Véase la tabla N° 4.1, en la página N° 74)

- Las muestras fueron recolectadas en envases limpios de plástico estéril con capacidad de 4L c/u.
- Al recoger las muestras se cogerá el frasco por su base y se sumergirá el frasco bajo la superficie. La boca del frasco deberá dirigirse en sentido contrario a la corriente.
- Se tomará la muestra 20 a 50 cm bajo la superficie para evitando recolectar algún material flotante.

TABLA N° 4. 1

**DIRECCION DE GESTION DE CALIDAD DE LOS RECURSOS
HIDRICOS – PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS
RECURSOS HIDRICOS CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA**

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOL. MIN. DE MUESTRA (x análisis)	TIPO DE MUESTRA	PRESERV. Y CONSERV.	TIEMPO MÁXIMO DE DURACIÓN
FÍSICO – QUÍMICO					
Turbidez (NTU)	P/V	100 ml	AS	Guardar en oscuridad y refrigerar	48 horas
Color (Pt/Co)	P/V	500 ml	AS	Refrigerar	48 horas
Potencial de hidrogeno (pH)	P/V	50 ml	AS	Análisis Inmediato	--

Fuente: Protocolo de DGCR de la Autoridad Nacional de Agua

➤ **Características geomorfológicas:**

Desde el punto de vista geomorfológico se encuentra en el piso superior de la Cordillera Occidental del sur del Perú, constituido por altas cumbres,

valles, mesetas, colinas y depósitos morrénicos. Topográficamente el área de estudio va desde 4,000 a 4,800 msnm.

Las dos quebradas principales en el área de estudio son: por el Norte la quebrada Patari y por el Sur la quebrada Quellopata. Por estas quebradas discurren riachuelos de escaso caudal la mayor parte del año, salvo en los meses de lluvias en donde su caudal aumenta considerablemente. El drenaje presenta un control estructural-litológico, ya que la dirección de los principales ríos está en concordancia con el sistema.

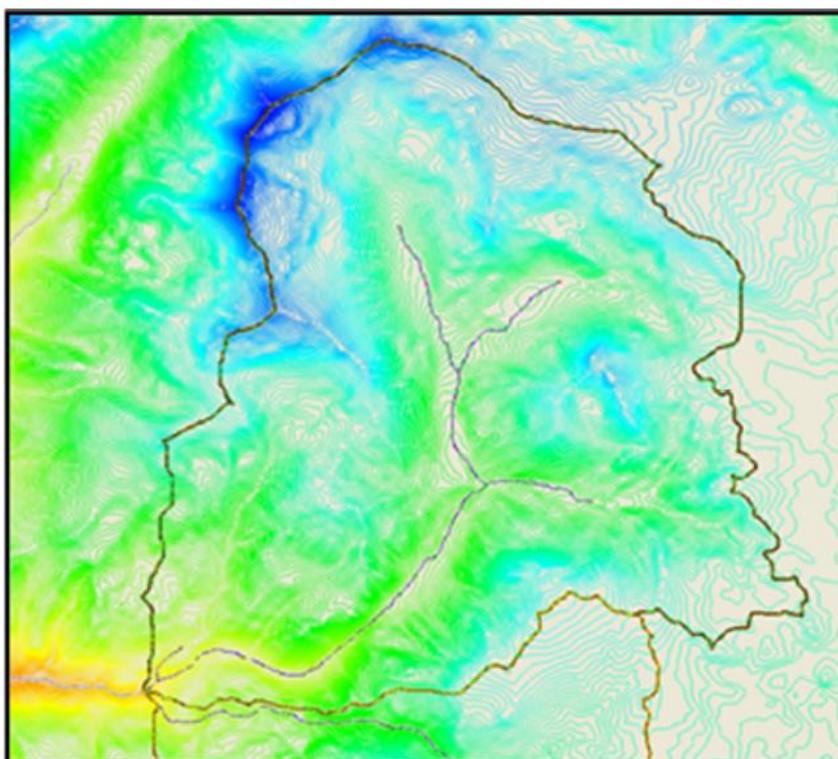
La acción erosiva de diversos agentes (glaciar, fluvial, vientos, lluvias, nieve, etc.) dejan como resultado valles y lagunas.

La quebrada Patari tiene una extensión superficial de 20.79 km² y se ubica en la margen derecha de la quebrada Huamancute, cuya naciente se encuentra en la parte alta de los cerros Coñacahua y Huarmapata; siendo sus principales afluentes por la margen derecha la quebrada Yurack Cucho y por la Margen Izquierda las quebradas Jarka Jarka Cucho y Laguiña.

En esta microcuenca se ubican los siguientes componentes: El depósito de Relaves ubicado en la parte alta de la quebrada Laguiña (margen Izquierda de la quebrada Patari), con un área de 34.44 ha.; el depósito de Topsoil con un área de 5.14 ha, la presa ubicada a 0.174 km aguas abajo luego de la confluencia de la quebrada Patari y la quebrada Laguiña con área de almacenamiento de 4.98 ha y aguas abajo a 0.398 Km de la Presa a la margen izquierda se ubica el Botadero de Desmonte con una área de 4.82 ha. (Véase la figura N° 4.1, en la página 76)

FIGURA N° 4.1

DELIMITACIÓN CON WMS DE LA MICROCUENCA PATARI.



Fuente: Estudio Hidrológico – Compañía Minera Suyamarca 2011

➤ **Delimitación espacial:**

La investigación se realizó en la comunidad campesina de Huallhua del distrito de San Javier de Alpbamba, provincia de Paucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho.

➤ **Ubicación de muestra:**

Las muestras se tomaron en la parte alta de la quebrada Patari (Véase la figura N° 4.2, en la página 77) que tiene los siguientes datos:

Accesibilidad: Camino de herradura.

Reconocimiento del Entorno: Naciente de la quebrada Jarka Jarka Cucho.

Coordenadas UTM (PSAD56)

Norte: 8350869 m

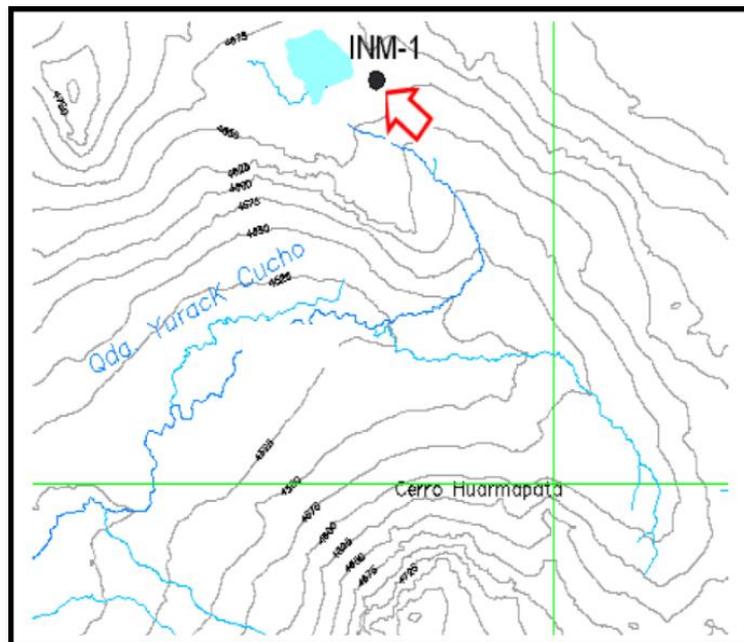
Este: 689551 m

Zona: 18 –SUR

Altitud: 4642 m.s.n.m

FIGURA N° 4.2

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTRA



Fuente: Estudio Hidrológico – Compañía Minera Suyamarca 2011

La muestra se tomó en dicho lugar dado que la corriente de agua es mínima y es la zona de donde se abastece de agua la población como se evidencia en la fotografía, (Véase la figura N° 4.3).

FIGURA N° 4.3

TOMA DE MUESTRA



Fuente: Propia

4.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Equipos y materiales:

A. Equipos y materiales de laboratorio:

- **Agitador magnético Variomag:** modelo adecuado para matraces Erlenmeyer o para vasos de precipitados de 250 ml. Revoluciones:

130-1000 rpm, alta resistencia a la temperatura de hasta +50°C, volumen de agitación máximo por punto: 800 ml.

- **Colorímetro (handylab 2):** Fuente de luz: Diodo de emisor de luz (LED), modo de operación: Transmitancia (%), absorbancia y concentración y pantalla: 240x160 pixeles (retroiluminación)
- **Turbidímetro Hi 93703:** Rango: 0 – 50 UNT, exactitud: ± 5 %, fuente luminosa LED infrarrojo, sensor fotocélula de Silicio.
- **Horno eléctrico (wtc binder):** Capacidad (Lts): 53, tipo de convección: natural, voltaje (V): 115, frecuencia (Hz): 50/60, rango de temperatura: temperatura ambiente hasta 300°C.
- **Vasos de precipitado:** 6 vasos de 250 mL

B. Equipos y materiales de campo:

- **Termómetro:** Rango de temperatura (0-100°C), se realizara in situ colocando el termómetro libre de impurezas en la muestra por un periodo de 5 min para proceder a tomar registro del resultado.
- **pH metro (handylab2):** Rango de medición: 2,000 – 19,999 pH, rango de temperatura (- 5° C a 150° C), dimensiones: 172x80x37 mm (alto x ancho x prof.), display multifuncional LCD 60 x 45 mm. El análisis se realizara in situ, se colocara el pH metro en la muestra dejando que la oscilación se estabilice para registrar el resultado obtenido.
- **Envase plásticos:** Volumen de envase: 1L, se utilizaron 6 unidades.
- **Guantes quirúrgicos**

- **Tabla de parámetros a analizar: (Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.**

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ECA
Color (b)	Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Unidad de pH	6,5-8,5

4.4.2 Técnicas de Laboratorio: (Véase la tabla N° 4.2)

TABLA 4. 2

MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD

Parámetro	Unidad	Método	Valor ECA (MINAM,2017)
Color	Pt-Co	APHA 2120	15
Turbidez	UNT	EPHA 180.1 (1)	5
STD	mg/l	APHA 2540 c	1000

Fuente: Examination of wáter and wastewater

- **Método para determinar el Color (APHA 2110):**

Nombre del documento: Método APHA 2120: Métodos estándar

El examen de agua y aguas residuales

Aprobado por el Comité de Métodos Estándar. 1 988.

El método de comparación visual es aplicable a casi todas muestras de agua potable. Contaminación por ciertos residuos industriales pueden producir colores inusuales que no puede ser igualada. En este caso de uso

un método instrumental. Una modificación de la triestímulo y los métodos espectrofotométricos permite el cálculo de un único valor de color que representa diferencias de cromaticidad uniformes incluso cuando el color exposiciones muestra significativamente diferente de la de normas de cobalto platino. Para la comparación de los valores de color entre los laboratorios, calibrar el método visual por el instrumento procedimientos mentales.

Principio: El color se determina por comparación visual de la muestra con concentraciones conocidas de soluciones coloreadas también puede ser hecha con vidrio especial, debidamente calibrado

Los discos de color. El método de platino-cobalto de medición de color es el método estándar, la unidad de ser de color que produce por 1 mg de platino / L en la forma del ion chloroplatinate. El radio de cobalto al platino se puede variar para que coincida con el tono en especial casos; la proporción dada abajo es por lo general satisfactorio para que coincida el color de las aguas naturales.

El método de platino-cobalto es útil para la medición de color urante de agua potable y de agua en la que el color es debido a materiales naturales. No es aplicable a la mayoría muy coloreado aguas residuales industriales.

Interferencia: Incluso una ligera turbidez hace que la aparente color a ser notablemente más alto que el color verdadero; por lo tanto, remover turbidez antes de la aproximación de color verdadero por diferencial la

lectura con diferentes filtros de color o por dispersión diferencial (JONES et al, 1952)

➤ **Método para determinar la turbidez (EPA 180.1):**

El método se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión de referencia estándar. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz mayor la turbidez.

Las lecturas, en NTU's, se hacen en un nefelómetro.

La suspensión estándar se utiliza para calibrar el instrumento. Un estándar secundario

La suspensión se utiliza como control diario de calibración y se controla periódicamente para el deterioro usando uno de los estándares primarios.

- El polímero de formazina se utiliza como suspensión primaria de turbidez para el agua porque es más reproducible que otros tipos de normas utilizadas previamente para el análisis de turbidez.
- También se aprueba un estándar primario de polímero comercialmente disponible para su uso en el Reglamento Nacional Interino de Agua Potable Primaria.

Este estándar se identifica como AMCO-AEPA-1, disponible en Advanced Sistemas de Polímeros.

La presencia de residuos flotantes y sedimentos gruesos que se asientan rápidamente dará lecturas bajas. Las burbujas de aire finamente divididas pueden causar altas lecturas.

La presencia de color verdadero, que es el color del agua que se debe a la disolución de sustancias que absorben la luz, hará que las turbidez sean bajas, aunque este efecto no es generalmente significativo con las aguas potables.

Materiales absorbentes de luz tales como carbón activado en concentraciones significativas puede causar lecturas bajas (ASTM, 1993).

➤ **Método para determinar Sólidos Totales Disueltos (APHA 2540):**

En este método se utilizan botellas de vidrio resistente o de plástico, siempre que el material en suspensión no se adhiera a las paredes del contenedor.

Comenzar el análisis tan pronto como sea posible debido a la impracticabilidad de preservar la muestra.

Refrigere la muestra a 4 ° C hasta el momento del análisis para minimizar el riesgo microbiológico, descomposición de sólidos.

Preferentemente, no retenga las muestras más de 24 h. En ningún caso sostener la muestra más de 7 días. Llevar las muestras a temperatura ambiente antes del análisis.

Principio: Una muestra bien mezclada se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio

El filtrado se evapora a sequedad en una cápsula pesada y se seca hasta peso constante a 180 ° C el aumento en el peso del plato representa el total de sólidos disueltos. Este procedimiento puede ser secado a otras temperaturas.

Un contenido considerable de calcio, magnesio, cloruro y / o sulfato puede ser higroscópico y requieren secado prolongado, desecación apropiada y pesada rápida. Muestras altas en bicarbonato requieren un secado cuidadoso y posiblemente prolongado a 180 ° C para asegurar la conversión completa de Bicarbonato a carbonato. Debido a que un residuo excesivo en el plato puede formar una corteza atrapadora de agua.

Limitar la muestra a no más de 200 mg de residuo (HOWARD, 1933).

4.5 Procedimientos de recolección de datos:

4.5.1 Evaluar la calidad del agua del río Patari para su uso de consumo humano

Se determinaron los parámetros de turbidez, color, pH y temperatura según los métodos indicados (Véase la Tabla N° 4.2 en la página 80). Se consideró para la comparación de resultados la categoría A1 agua para consumo humano (Véase la Tabla N° 2.1 en la página 66)

4.5.2 Extracción del coagulante Natural de la papa (*Solanum Tuberosum*):

Se siguió la metodología de Aparicio 2003, para obtener el almidón de la papa:

- a. Se pesaron 10 Kg de papa (*Solanum Tuberosum*), luego se lavaron, pelaron y picaron los tubérculos en porciones aproximadas de 2 x 1.2 cm. (Véase la figura N° 4.6, en la página 116).
- b. Se remojaron en un recipiente que contenga un volumen de agua de seis veces el peso de la muestra a temperatura de 40°C y se molió en una licuadora hasta su completa desintegración. (Véase la figura N° 4.7, en la página 116)
- c. Se empleó un tamiz N°100 escala Tyler para retener la fibra y en un recipiente se dejó sedimentar por 3 horas aproximadamente. (Véase la figura N° 4.8, en la página 117).
- d. Posteriormente el sobrenadante se separó por decantación y el sedimento que se queda se dejó reposar en refrigeración durante una noche y al día siguiente se repitió la operación de cernido, eliminando nuevamente el sobrenadante. (Véase la figura N° 4.9, en la página 117)
- e. Luego la pasta que se obtuvo se secó en una estufa a 40° C por 24 horas (Véase la figura N° 4.10, en la página 117) y finalmente se pulverizó. (Véase la figura N° 4.11, en la página 118).

4.5.3 Determinar la dosis óptima de coagulante natural en el tratamiento del agua del río Patari para consumo humano.

Una vez obtenido el almidón de la papa (Véase la figura N° 4.10 en la página 117) y las muestras de agua superficiales (Véase la figura N° 4.13 en la página 118), se procedió a realizar las pruebas de tratamiento con diferentes dosis (0 (testigo), 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L , diferentes tiempos de contacto 15, 20, 25 y 30 minutos y diferentes velocidades de agitación de 200, 250, 300 y 350 RPM en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao. Para determinar la dosis óptima, primero se determinó nuestro tiempo de contacto óptimo y luego nuestra velocidad de agitación óptima.

a. Determinación de tiempo de contacto:

Se preparó una solución de 60 mg/L de coagulante (HERRERA, 2015), colocándose 250 mL de la muestra en cada vaso precipitado a los tiempos de contacto de 15 minutos (GARCIA, 2007), 20 minutos (AGUILAR, 2010), 25 minutos (SILVAN, 2011) y 30 minutos (OJEDA, 2012) y a una velocidad constante de 250 rpm, evaluándose la remoción de sólidos suspendidos, obteniéndose el mayor porcentaje de remoción (63.3%) para un tiempo de 25 minutos siendo este nuestro tiempo de contacto óptimo. (Véase la tabla N° 5.3 en la página 98).

b. Determinación de velocidad de agitación:

Se colocó la muestra de agua superficial en un vaso precipitado de 250 mL, seguidamente se procedió a agregar coagulante a una dosis de 60 mg/L evaluándose la remoción de sólidos suspendidos a las velocidades de agitación de 200 RPM, 250 RPM, 300 RPM (Sanchez, 2007) y 350 RPM, obteniéndose el mayor porcentaje de remoción (66.6%) para una velocidad de agitación de 300 RPM, siendo este nuestra velocidad de agitación óptima (Véase la tabla N° 5.4 en la página 99).

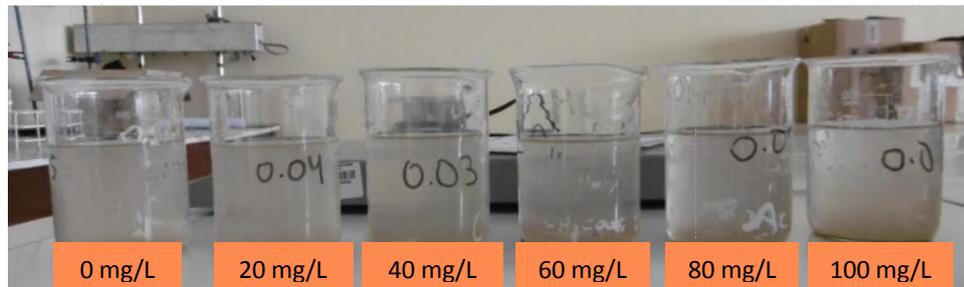
c. Determinación de la dosis optima:

Para determinar la dosis optima se colocaron las muestras de agua superficial en 6 vasos de precipitado de 250 mL, seguidamente se agregó coagulante en diferentes dosis de 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L. (Véase la figura N° 4.4 en la página 88), las que se evaluaron a una velocidad de agitación óptima de 300 RPM y un tiempo de contacto óptimo de 25 minutos. (Véase la figura N° 4.5 en la página 88).

Después se dejó sedimentar por un tiempo de 30 min.

Así mismo se determinaron los parámetros de calidad: pH, temperatura, turbiedad y color.

FIGURA N° 4. 4
CONCENTRACIONES DE ALMIDÓN EN MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PATARI



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 5
MEZCLADO DEL ALMIDÓN NATURAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN EL AGUA SUPERFICIAL



Fuente: Propia

4.5.4 Evaluar la capacidad de clarificación del coagulante natural de la papa (*Solanum Tuberosum*)

Para evaluar la capacidad de remoción del coagulante extraído de la papa se realizó con la data obtenida de pruebas realizadas a:

Tiempo de contacto óptimo: 25 minutos

Velocidad de agitación óptima: 300 RPM

Dosis óptima: 80 mg/L

Aplicando la ecuación:

$$\% \text{Remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Dónde:

- C_i : concentración inicial
- C_f : concentración final

La muestra de agua tomada en las coordenadas UTM Norte 8341114 (m), Este 678632 (m), Altitud 2895 (m) del río Patarí cerca al poblado de la comunidad de Huallhua (Véase la tabla N° 5.1 en la página 96) se obtuvo la concentración inicial de 30 NTU.

La concentración final de 4.1 NTU, se obtuvo agregando el coagulante natural de la papa en una dosis de 80 mg/L

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.

Después de desarrollar todo el procedimiento de obtención del coagulante y la dosis óptima, con ayuda de tablas y un cuaderno de notas, se utilizó el programa Excel para poder procesar los datos obtenidos y poder realizar el análisis estadístico.

4.6.1 Análisis estadístico de Color:

Se utilizó la prueba estadística Anova (Análisis de Varianza de un Factor) para comparar los tratamientos con diferentes dosis y rechazar (H_0 = El promedio de color en los 5 tratamientos es igual, con 95% de confiabilidad)

y validar (H1= Al menos un tratamiento el promedio de color es distinto, con 95% de confiabilidad) (Véase las tablas N° 4.4 y N° 4.5 en la página 91) y al existir diferencias estadísticamente entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey para determinar que tratamientos son estadísticamente distintos. Véase la tabla N° 4.6 en la página 92.

El análisis de varianza para el color indicó diferencias estadísticas significativas (Anova $P < 0.05$) entre los tratamientos y la prueba de tukey confirmó que los promedios de color de los tratamientos con dosis 40 mg/L, 60 mg/L , 80 mg/L y 100 mg/L se comportaron estadísticamente iguales y el promedio de color del tratamiento con dosis de 20 mg/L se comportó estadísticamente diferente, ya que se comparó el valor absoluto de la diferencia de los promedios entre cada par de tratamientos con el valor HSD (Diferencia honestamente significativa) de 0.1404 (Véase la tabla N° 4.5 en la página 91) siendo menores que este valor excepto el tratamiento con dosis de 20 mg/L. Véase la tabla N° 4.6 en la página 92.

TABLA N° 4.3

**TRATAMIENTOS CON DIFERENTES DOSIS DE COAGULANTE
NATURAL (COLOR)**

Repeticiones (n)	Dosis de coagulantes natural de la papa				
	X1 =20mg/L	X2=40mg/L	X3=60mg/L	X4=80mg/L	X5=100mg/L
1	10	5	5	5	5
2	10	5	4.98	5	4.97
3	10.02	5.04	5	5	5.01

Fuente: Propia

TABLA N° 4.4

RESUMEN DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR (COLOR)

<i>Dosis de Tratamiento</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio (X)</i>	<i>Varianza</i> $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$
20mg/L	3	30.02	10.0067	0.0001
40mg/L	3	15.04	5.0133	0.0005
60mg/L	3	14.98	4.9933	0.0001
80mg/L	3	15	5.0	0.0000
100mg/L	3	14.98	4.9933	0.0004

Fuente: Propia

TABLA N° 4.5

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR (COLOR)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>HSD</i>
Entre tratamientos	60.1609	4	15.0402	60973.8919	0.0000	3.4780	0.1404
Dentro de los tratamientos	0.0025	10	0.0002				
Total	60.1634	14					

Fuente: Propia

TABLA N° 4.6

PRUEBA DE TUKEY (DIFERENCIAS DE PROMEDIOS DE COLOR)

Dosis de Coagulante Natural	20 mg/L	40 mg/L	60 mg/L	80 mg/L	100 mg/L
20 mg/L		4.9933	5.0133	5.0067	5.0133
40 mg/L			0.0200	0.0133	0.0200
60 mg/L				-0.0067	0.0000
80 mg/L					0.0067
100 mg/L					

Fuente: Propia

4.6.2 Análisis estadístico de turbidez:

Se utilizó la prueba estadística Anova (Análisis de Varianza de un Factor) para comparar los tratamientos con diferentes dosis y rechazar (H_0 = El promedio de turbidez en los 5 tratamientos es igual, con 95% de confiabilidad) y validar (H_1 = Al menos un tratamiento el promedio de turbidez es distinto, con 95% de confiabilidad) (Véase las tablas N° 4.8 y N° 4.9 en la página 94) y al existir diferencias entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey para determinar que tratamientos son estadísticamente distintos. Véase la tabla N° 4.10 en la página 95.

El análisis de varianza para la turbidez indicó diferencias estadísticas significativas (Anova $P < 0.05$) entre los tratamientos y la prueba de tukey confirmó que los 5 tratamientos se comportan estadísticamente diferentes ya que se comparó el valor positivo de la diferencia de los promedios entre cada par de tratamientos con el valor HSD (Diferencia honestamente significativa) de 0.1404 siendo mayores que este valor. Véase la tabla N° 4.10 en la página 95.

TABLA N° 4.7
TRATAMIENTOS CON DIFERENTES DOSIS DE COAGULANTE
NATURAL (TURBIDEZ)

Repeticiones (n)	Dosis de coagulantes natural de la papa				
	X1 =20mg/L	X2=40mg/L	X3=60mg/L	X4=80mg/L	X5=100mg/L
1	8.25	10.98	9.97	4.09	8.69
2	8.3	11	10	4.1	8.7
3	8.28	10.92	10	4	8.64

Fuente Propia

TABLA N° 4.8

RESUMEN DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR (TURBIDEZ)

<i>Dosis de Tratamiento</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio (X)</i>	<i>Varianza</i> $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$
20mg/L	3	24.83	8.2767	0.0006
40mg/L	3	32.9	10.9667	0.0018
60mg/L	3	29.97	9.9900	0.0125
80mg/L	3	12.19	4.0633	0.0030
100mg/L	3	26.03	8.6767	0.0010

Fuente: Propia

TABLA N° 4.9

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR (TURBIDEZ)

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>HSD</i>
Entre tratamientos	84.0425	4	21.0106	15601.9505	0.0000	3.4780	0.1404
Dentro de los tratamientos	0.0135	10	0.0013				
Total	84.0560	14					

Fuente: Propia

TABLA N° 4.10

PRUEBA DE TUKEY (DIFERENCIAS DE PROMEDIOS DE TURBIDEZ)

Dosis de Coagulante Natural	20 mg/L	40 mg/L	60 mg/L	80 mg/L	100 mg/L
20 mg/L		-2.69	-1.7133	4.2133	-0.4000
40 mg/L			0.9767	6.9033	2.2900
60 mg/L				5.9267	1.3133
80 mg/L					-4.6133
100 mg/L					

Fuente: Propia

CAPÍTULO V.

RESULTADOS

5.1. Características del agua superficial del río Patarí.

Los resultados muestran que la calidad del agua tomada en las coordenadas UTM Norte 8350869 (m), Este 689551 (m), Altitud 2895 (m) del río Patarí cerca al poblado de la comunidad de Huallhua, superan los estándares de calidad según se muestra en la Tabla. N° 5.1

TABLA N° 5. 1

CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PATARÍ

Fuente: Propia

Parámetro de calidad	Valor	Valor ECA (MINAM, 2017)
Turbidez(NTU)	30	5
Color (Pt/Co)	10	15
Potencial de hidrogeno (pH)	7.5	6,5 - 8,5
Temperatura (°C)	12	Δ 3

Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

5.2. Extracción del coagulante Natural de la papa (*Solanum Tuberosum*):

Se pesaron tres veces 10 kg de papa y al extraer el coagulante utilizando el método de Aparicio, 2003, se logró extraer en la primera 0.95 Kg (P1), en la segunda 1.03 Kg (P2) y en la tercera 0,98 Kg (P3) de almidón.

Luego se determinó el peso promedio de coagulante extraído de la papa tal como se muestra (Véase la tabla N° 5.2), utilizando:

$$\text{Peso promedio de almidón extraído de la papa} = \frac{P1+P2+P3}{3}$$

Dónde:

- P1: Primer peso de almidón extraído de la papa.
- P2: Segundo peso de almidón extraído de la papa.
- P3: Tercer peso de almidón extraído de la papa.

Posteriormente se obtuvo el porcentaje del almidón extraído de la papa, tal como se muestra en la Tabla N° 5.2, utilizando la ecuación:

$$\text{Porcentaje de Almidón de papa} = \frac{PA}{PB} \times 100\%$$

Dónde:

- PA: Peso promedio de coagulante extraído de la papa.
- PB: Peso promedio de papa

TABLA 5. 2

PORCENTAJE DE COAGULANTE EXTRAÍDO DE LA PAPA

Muestra	Peso de papa (Kg)	Peso del coagulante extraído (Kg)	Porcentaje de almidón de papa (%)
P1	10	0.95	9.5
P2	10	1.03	10.3
P3	10	0.98	9.8
Promedio	10	0.99	9.9%

Fuente: Propia

5.3. Determinación de la dosis óptima de coagulante natural en el tratamiento del agua del río Patari para consumo humano.

5.3.1 Evaluación del Tiempo de contacto:

Los resultados a los tiempos de contacto trabajado se obtuvieron utilizando la fórmula de la página 89, (Véase la Tabla N° 5.3)

TABLA N° 5. 3

TIEMPO DE CONTACTO

Parámetros de calidad	<i>Tiempo de contacto (min)</i>			
	15	20	25	30
Color (Pt/Co)	5.4	5.2	5	5.3
Turbidez (NTU)	11.3	11.2	11	11.2
Potencial de hidrogeno (pH)	7.6	7.9	7.8	7.9
Temperatura (°C)	25	25	25	25
% Remoción	62.3	62.6	63.3	62.6

Fuente: Propia

Constantes:

- Dosis de coagulante: 60mg/L
- Velocidad de agitación: 250 rpm,
- Conc. Inicial de turbidez: 30 NTU

5.3.2 Velocidad de agitación:

Los resultados a las velocidades de agitación trabajada se obtuvieron utilizando la fórmula de la página 89, (Véase la Tabla N° 5.4)

TABLA 5. 4

VELOCIDAD DE AGITACIÓN

Parámetros de calidad	<i>Velocidad de agitación (RPM)</i>			
	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>350</i>
Color (Pt/Co)	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	11.3	11	10	10.8
Potencial de hidrogeno (pH)	7.6	7.8	7.73	7.72
Temperatura (°C)	25	25	25	25
% Remoción	62.3	63.3	66.6	64

Fuente: Propia

Constantes:

- Dosis de coagulante: 60mg/L
- Tiempo óptimo de agitación: 25 minutos)
- Conc. Inicial de turbidez: 30 NTU

5.3.3 Determinación de la dosis optima

Los resultados a las dosis trabajadas se obtuvieron utilizando la fórmula de la página 89, (Véase la Tabla N° 5.5, en la página 100)

TABLA 5. 5
DOSIS ÓPTIMA DEL COAGULANTE NATURAL DE LA PAPA

Parámetros de calidad	Dosis (mg/L)					
	0	20	40	60	80	100
Color (Pt/Co)	10	10	5	5	5	5
Turbidez (NTU)	30	8.3	11	10	4.1	8.7
Potencial de hidrogeno (pH)	7.5	7.76	7.75	7.73	7.82	7.9
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25
% Remoción de sólidos totales	0	72.3	63.3	66.6	86.3	71

Fuente: Propia

Constantes:

- Tiempo de contacto óptimo: 25 minutos
- Velocidad de agitación óptima: 300 RPM

La capacidad de clarificación del coagulante natural de la papa (*Solanum Tuberosum*) tiene una dosis óptima es de 80mg/L a un tiempo de contacto de 25 minutos y una velocidad de agitación de 300 RPM.

CAPÍTULO VI.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Características del agua superficial del río Patarí.

La muestra de agua de la Quebrada Patarí a ser utilizada para el tratamiento, presentó los siguientes parámetros: **pH: 7.5, Temperatura: 12°C, Turbidez: 30 NTU, Color: 10 Pt/Co**, características muy similares a todas las quebradas presentes en Ayacucho como la Quebrada Laguiña que presenta los siguientes parámetros pH: 7.11, Temperatura: 12.2°C, o la quebrada Ampachu que presenta características bastante parecidas a Patari pH: 7.8, Temperatura: 10.0°C. (EIA MINERA SUYAMARCA, 2011).

6.2 Extracción del coagulante Natural de la papa (*Solanum Tuberosum*):

La extracción de coagulante natural extraído de la papa (*solanum tuberosum*) mediante la metodología de Aparicio nos dio 99 gr de coagulante por cada Kg de papa (*solanum tuberosum*) por encima que el coagulante obtenido de la penca de tuna que fue 65 gr por cada Kg de muestra (MARTÍNEZ , 2012), lo cual nos muestra una alternativa de tratamiento para la clarificación del agua de rio Patari para ser utilizada por la comunidad de Huallhua.

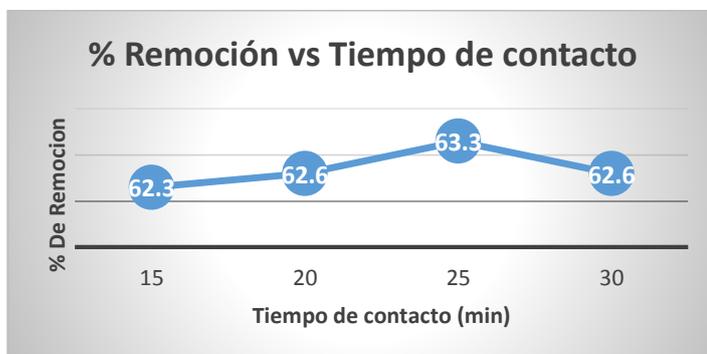
6.3. Determinación de la dosis óptima de coagulante natural para remoción de la turbidez del agua del río Patari para consumo humano.

La dosis óptima en el proceso de clarificación del agua del Río Patari con el coagulante extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) resultó de 80 mg/L a una velocidad de agitación óptima de 300 RPM y un tiempo de contacto de 25 minutos; dosis que permite tener una turbidez de 4.1 NTU, pH de 7.82 y un color de 5 Pt/Co cumpliéndose con los parámetros de calidad dada por la ECA agua (MINAM,2017) para consumo humano, así mismo el porcentaje de remoción de los sólidos en suspensión es de 86.3%, un porcentaje de remoción mayor al que tiene coagulante natural extraído del maíz dulce que alcanza 75% de remoción de sólidos según lo indicado en el estudio de (GARCIA, 2007) y similar al porcentaje de remoción que presenta la tuna con 85.76% de remoción de sólidos según (MARTÍNEZ,2012).

a. Determinación del tiempo de contacto óptimo:

Se observa que a mayor tiempo de contacto se incrementa la remoción a 63.3 %, siendo el tiempo de contacto óptimo de 25 minutos igual al tiempo que utilizó Silvan en el 2011 al utilizar coagulante natural de yuca en una planta de tratamiento de agua logrando una remoción de 97.9%. (Véase la figura N° 6.1 en la página 103).

FIGURA 6. 1
TIEMPO DE CONTACTO ÓPTIMO

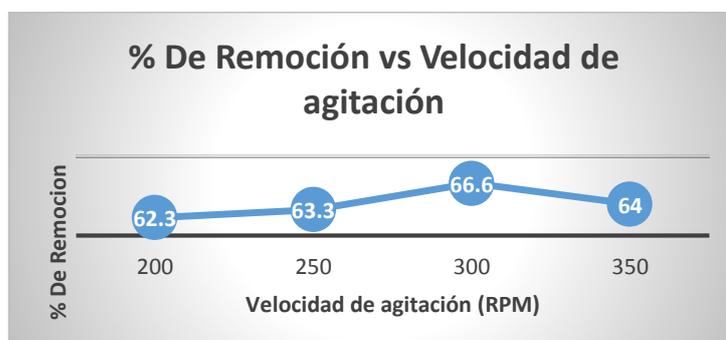


Dosis de coagulante: 60mg/L
Velocidad de agitación: 250 rpm
Concentración inicial de turbidez: 30 NTU
Fuente: Propia

b. Determinación de la velocidad de agitación óptima:

Se observa que la remoción se incrementa a 66.6% conforme aumenta la velocidad de agitación a 300 RPM con un sistema de agitación con magnetos. (Véase la figura N° 6.2), no pudiéndose comparar las velocidades de agitación con otras investigaciones porque todas utilizan prueba de jarras y sus velocidades son menores.

FIGURA N° 6.2
VELOCIDAD DE AGITACIÓN ÓPTIMA

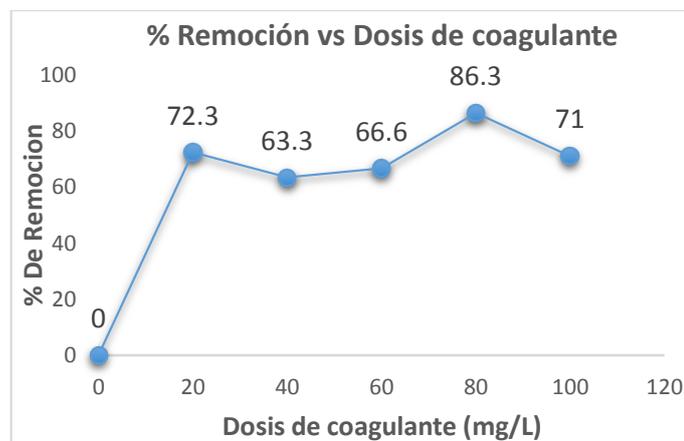


Dosis de coagulante: 60mg/L
Tiempo óptimo de agitación: 25 minutos
Fuente: Propia

c. Determinación de la dosis óptima:

Se observa que en un primer momento al aumentar la dosis a 20 mg/L se produce una aglutinación de los coloides aumentando la remoción de los sólidos suspendidos, luego al continuar incrementado la dosis a 40 y 60 mg/L llega un momento en que no se produce buena coagulación pues los coloides se reestabilizan, posteriormente al aumentar aún más la dosis a 80 mg/L hasta producir una super saturación se produce de nuevo una rápida precipitación de los coagulantes que hace un efecto de barrido, arrastrando en su descenso las partículas de turbiedad incrementando la remoción de sólidos suspendidos hasta 86.3%, siendo cercano a la dosis óptima de 60 mg/L que obtuvo Herrera en el 2015 al utilizar coagulante de papa en el tratamiento de aguas domésticas. (Véase la figura N° 6.3)

FIGURA N° 6. 3
DOSIS ÓPTIMA DEL COAGULANTE NATURAL DE LA PAPA



Tiempo de agitación: 25 minutos
Velocidad de agitación: 300 RPM)
Fuente: Propia

CAPÍTULO VII.

CONCLUSIONES

- La evaluación inicial de la calidad del agua del río Patari nos muestra que este no cumple con los límites permisibles para uso de consumo humano en lo que corresponde a su clarificación y/o turbidez.
- Los resultados demuestran que el coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) corresponde al 9.9% de peso del tubérculo utilizado.
- La dosis óptima de coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) a utilizarse en el tratamiento de clarificación del agua de río Patari es de 80 mg/L , la cual se obtuvo a una velocidad de agitación de 300 RPM y a un tiempo de contacto de 25 minutos.
- La capacidad de clarificación del coagulante natural de la papa es 86.3%.

CAPÍTULO VIII.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar el tratamiento utilizando coagulante extraído de papa en dosis desde 60 mg/L a 100 mg/L, siendo el rango en donde está la dosis óptima.
- A nivel piloto todos los lodos se deben separar de la fase líquida mediante un proceso de decantación seguidamente tratarla con cloro a fin de evitar la proliferación de microorganismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GENERALES

INEI (2007). **Comunidades campesinas ayacucho**. Perú

MINAM. (2008). RM N° 025-2008 PCM **Diagnóstico Nacional del Perú**.

Lima, Perú.

LINCK.A y otros.(2010) **Hacia una Agenda Sudamericana**. Disponible

en:

<http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/07715.pdf>.

. Consultada el 28 de Marzo del 2016.

ARBOLEDA VALENCIA, J. A.(1972). **Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua**. Lima: OPS Serie Técnica,13-CEPIS.

CEPIS. (1975). **Polímeros naturales y su aplicación como ayudantes de Floculación**. Lima, Perú.

CEPIS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1983). **Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Manual**. Lima, Perú. Pag 623.

GONZALES C., J. (1977). **Mecanismos de floculación** . Madrid: LIMUSA . 3ERA EDICION , Pag 98.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA - IIAP / MINAM. (2011). **Minería Aurífera en Madre de Dios**. Lima, Perú.

- JAHN S.A.A Y DIRAR HAMID. (1979). **Studies on natural water coagulants in the Sudan with special reference to Moringa oleifera seeds.**
- KEMMER, FRANK .& MCCALLION ,J. (1999). **Manual del Agua . Su naturaleza , tratamiento y aplicaciones.** Mexico: Mc Graw Hill.
2da Edicion. Pag 257.
- MARTINEZ, D., CHAVEZ, M., & DIAZ. (2003). **Eficiencia del Cactus lefaria para uso como coagulante en el proceso de clarificación.**
- MINAGRI-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (2015). **Plan Nacional de Recursos Hídricos.** Obtenido de http://www.ana.gob.pe/media/1131797/b_memoria_final_parte_3.pdf
- MINISTERIO DE SALUD - DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD (DIGESA) (1993). **Abastecimiento del agua y saneamiento para poblaciones rurales y urbano marginales.**Lima, Perú
- OMS. (2006). **Guías para la calidad del agua potable** Primer Apédince Tercera Edición .
- OPS/CEPIS. (2004). **Tratamiento de agua para Plantas de filtración rápida** Manual I: /Teoría Tomo I. Lima, Perú..
- USGS.EPA. (2004). **La cuencia del Agua.**

- ARANA ZEGARRA, Marco (2012). Perú: **El derecho al agua en comunidades afectadas por actividades mineras.** Perú
- ZHANG, J., FANG, Z., LUO, . Y YANG, H. (2006). **Estudio preliminar sobre cactus como coagulante en el tratamiento de aguas, Proceso de Bioquímica.** Mexico.
- ROMERO ROJAS, J. A. (1999). **Calidad del agua.** Colombia: Escuela Colombiana De Ingenieria, 2da edición. Pag 272.
- PINTO, C. &. (1974). **Investigacion sobre procesos de coagulacion. Floculacion de aguas en plantas de tratamiento.** Santiago. Chile: Pag. 115.
- SUSUMU, K. (Oct. de 1991). **Efectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment.** Jour AWWA; Volumen 83 Pag. 88-91,.
- CAMPOS, José Roberto; DI BERNARDO, Luis.(1991). **Uso de polímeros Naturales en el Tratamiento de Agua para abastecimiento.** Brasil CINARA, Centro Inter. Regional de abastecimiento y remocion de agua-Universidad de Sao Paulo, Escuela de ingeniería de Sao Carlos.
- MOSCOZO BARRIOS, Luis Roberto (Febrero de 2015). Tesis para obtener el grado Master en Ingeniería Sanitaria. **Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación en sistemas de tratamiento de agua para potabilización.** Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.

JONES.H,et al.(1952).**La ciencia del color**.Thomas Y. Crowell Co.,Nueva York, NY.

ASTM (1993).**Annual Book of ASTM**, Volume 11.01 Water (1).

STANDARD D1889- 88A, p. 359.

HOWARD, C.S. 1933. **Determination of total dissolved solids in water analysis**. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 5:4.

PUEBLOS DEL PERÚ (2016).**Pueblos de departamento de Ayacucho**

Obtenido de

<http://pueblos20.net/peru/departamento-de-ayacucho.html,%20s.f>.

RIVAS.G. M. (1963). **Tratamiento de Potabilización de aguas**. Nuevas Gráficas S.A. de C.V. pag. 89 - 120.

AQUARA. (2010). **Equipo de prueba de jarras..**

ESPECÍFICAS

MINAM. (2008). DS N° 002-2008 MINAM **Aprueban Estándares**

Nacionales de Calida de Ambiental para Agua. Lima, Perú.

MINAM. (2015). DS N° 015-2015 MINAM **Modifican Estándares**

Nacionales de Calida de Ambiental para Agua. Lima, Perú

MINAM. (2017). DS N° 004-2017 MINAM **Aprueban Estándares de**

Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen

Disposiciones Complementarias. Lima, Perú.

AGUILAR ASCON, Edwar Alejandro.(2010). **Utilizacion de semilla de**

Tara(Caesalpinia Espinoza) como ayudante de coagulacion en

- el tratamiento de aguas.** Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ALMENDÁREZ DE QUEZADA, Nabyarina. (Marzo 2014). **Comprobación de la efectividad del coagulante (Cochifloc) en aguas del lago de managua "Piedras azules"**. en Iberoamericana de Polímeros Almendárez. Volumen 5(1).
- APAZA AQUINO, Hugo. (2013). **Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa**. Arequipa, Perú: Universidad Católica Santa María.
- RICAURTE, Lineth; MORALES, María Lucía & RODRÍGUEZ, Yim. (2014). **Tratamiento de aguas crudas usando quitosano como coagulante orgánico**. Valledupar, Colombia: Universidad Popular del Cesar.
- GARCIA FAYOS, Beatriz. (13 de DICIEMBRE de 2007). Tesis para obtener el grado Master en Seguridad Industrial y Medio Ambiente. **Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo**. Valencia. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- MARTÍNEZ GARCÍA; JASSER GONZÁLES SILGADO; LUIS ENRIQUE. (2012). Tesis para optar al título de Ingeniero Químico. **Evaluación del poder coagulante de la tuna (Opuntia ficus indica) para la**

remocion de turbidez y color en aguas crudas. Cartagena de indias. Colombia: Universidad de Cartagena - Facultad de Ingenieria.

OJEDA BÁEZ, L. F. (ENERO de 2012). Tesis para obtener el titulo de Ingeniero en Biotecnologias de los Recursos Naturales.

Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del Tropaeolum Tuberosum, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Pungasi de la Epmaps. Quito. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito.

SILVAN, R. S., CANEPA, J. R., & BARAJAS, J. R. (2011). **Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales.** México.

VAZQUEZ GONZALES, Olvaldo. (Mayo de 1994). Tesis para opcion al grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingenieria Ambiental. **Extraccion de coagulante naturales del Nopal y aplicacion en la clarificacion de aguas superficiales.** Monterrey.Nuevo leon. Mexico: Universidad Autonoma de Nuevo Leon - Facultad de Ingenieria Civil (División es estudios de post grado).

HERRERA M (2015). **Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domésticas.** Colombia:

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Facultad de Ingeniería.

SANCHEZ LAVADO, Francisco (Setiembre de 2007). Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias, sección de química. **Tratamientos combinados físico-químico y de oxidación para la depuración de aguas residuales de la industria corchera.** Badajoz, Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias.

INGENIEROS SAC (Setiembre de 2011). **Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Inmaculada.** Minera Suyamarca. Perú.

ANEXOS

A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD CLARIFICADORA DEL COAGULANTE NATURAL EXTRAÍDO DE LA PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA PURIFICACIÓN DEL AGUA DEL RÍO PATARI PARA USO DE CONSUMO HUMANO”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES		METODOLOGÍA
			VARIABLES	INDICADORES	
<p>Las comunidades rurales se abastecen de fuentes de agua natural. Las actividades industriales impactan estos cuerpos de agua de manera negativa como es el exceso de sedimentos en el agua. A raíz de este problema se plantea usar coagulantes naturales extraídos de la papa para reducir la turbidez del agua y dejarla apta para consumo humano ¿El coagulante natural extraído de la papa (Solanum Tuberosum) permitirá clarificar el agua del río Patari para uso de consumo humano?</p>	<p>GENERAL Determinar la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (Solanum Tuberosum) en la purificación del agua del río Patari para su uso como consumo humano.</p> <p>ESPECÍFICOS Evaluar la calidad del agua del río Patari para su uso de consumo humano. Extraer el coagulante Natural de la papa (Solanum Tuberosum). Determinar la dosis óptima de coagulante natural en el tratamiento del agua del río Patari para consumo humano. Evaluar la capacidad de clarificación del coagulante natural de la papa (Solanum Tuberosum).</p>	<p>El coagulante natural extraído de la papa (Solanum Tuberosum) clarifica el agua del río Patari para uso de consumo humano.</p>	<p>INDEPENDIENTE Coagulante natural extraído de la papa (Solanum Tuberosum) DEPENDIENTE La clarificación del agua del río patari</p>	<p>Turbidez: NTU (unidades nefelométricas de turbidez) Color: Pt/Co (unidades de platino cobalto)</p>	<p>Tipo de Investigación. Investigación experimental y analítico</p> <p>Se aplicara la metodología de Aparicio para aislar el almidón de la papa y formar un coagulante.</p> <p>Posterior al aislamiento de la papa se tomara una muestra de agua del río Patari para los análisis de laboratorio en el cual se tendrá varias dosis de coagulante por litro de muestra.</p> <p>De esta manera identificaremos que dosis presenta mayor remoción de turbidez y obtendremos una dosis óptima de coagulante.</p>

B. APÉNDICE

FIGURA N° 4. 6

TUBÉRCULO LAVADO, PELADO Y PICADO



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 7

TUBÉRCULO MOLIDO HASTA SU DESINTEGRACION



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 8
TAMIZADO PARA RETENER LA FIBRA



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 9
DECANTADO Y SEDIMENTADO



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 10
SECADO EN ESTUFA



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 11
PULVERIZADO DE MUESTRA



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 12
ALMIDÓN DE LA PAPA



Fuente: Propia

FIGURA N° 4. 13
MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO PATARI



Fuente: Propia