



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

***Opuntia ficus-indica* como coagulante para
remoción de sólidos suspendidos totales del efluente
de beneficio en avícola La Chacra**

Rocío Lizeth Gabino Curiñahui

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. ANIEVAL PEÑA ROJAS

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al asesor de este proyecto Ing. Anieval Peña Rojas por su ayuda y orientación. A mi familia, en especial a mí querida madre por su comprensión, bendición y motivación. Asimismo, a la coordinadora de la escuela profesional a la que pertenezco Ing. Elizabeth Oré por su aliento y orientación al iniciar este proyecto de investigación, y a todas las personas, amigos que de una u otra manera me apoyaron en este camino para lograr mi objetivo, cuyos resultados me satisface como persona y profesional.

También agradezco a Dios por darme la valentía y fortaleza para sobreponerme a cualquier adversidad encontrada en el camino.

La autora

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia en especial a mis padres, Isaac Gabino Povich y Carmen Curiñahui Flores por su ejemplo de perseverancia y humildad, quienes inculcaron en mí la responsabilidad y respeto durante mi formación, gracias a su apoyo y confianza logré concluir mis estudios satisfactoriamente, y ahora seguiré cumpliendo mis objetivos con su bendición y la bendición de Dios.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación e importancia	5
1.3.1. Justificación práctica.....	5
1.3.2. Justificación metodológica	5
1.3.3. Justificación científica	6
1.3.4. Importancia	6
1.4. Hipótesis y variables	7
1.4.1. Hipótesis de investigación.....	7
1.4.2. Hipótesis nula.....	7
1.4.3. Hipótesis alternativa.....	7
1.4.4. Operacionalización de las variables.....	8
CAPÍTULO II.....	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos.....	10
2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis	13
2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación.....	18

2.2.	Bases teóricas.....	18
2.2.1.	Fundamentos teóricos de la investigación	18
2.2.1.1.	Aguas Residuales.....	18
2.2.1.2.	Coagulación-Floculación	26
2.2.1.4.	Estado del arte:	32
2.2.2.	Fundamentos metodológicos de la investigación	36
2.2.3.	Modelo teórico de la investigación	41
2.3.	Definición de términos.....	42
CAPÍTULO III.....		44
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	44
3.1.1.	Métodos de la investigación.....	44
c.1.1.	Obtención del coagulante natural <i>Opuntia ficus indica</i>	46
c.1.2.	Obtención de las muestras	50
3.1.2.	Tipo de la investigación.....	55
3.1.3.	Nivel de la investigación.....	55
3.2.	Diseño de la investigación.....	56
3.3.	Población y muestra.....	56
3.3.1.	Población	56
3.3.2.	Muestra	56
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	57
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	57
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos.....	58
CAPÍTULO IV		59
4.1.	Resultados de la investigación.....	59
4.1.1.	Caracterización del Efluente.....	60
4.1.2.	Características de cada parámetro en la Prueba de Control	61
4.1.3.	Características de cada parámetro en la prueba tratada.....	67

4.1.4. Prueba de hipótesis	79
4.2. Discusión de resultados	81
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sólidos Totales.....	25
Figura 2. Modificadores de pH en el tratamiento de agua.	30
Figura 3. Valores fijados en la agitación múltiple.	34
Figura 4. Proceso de sacrificio de Pollo de la Avícola La Chacra.	35
Figura 5. Taxonomía de la <i>Opuntia ficus-indica</i>	37
Figura 6 Caracterización de la <i>Opuntia ficus-indica</i>	39
Figura 7. Prueba preliminar y prueba de eficiencia.	41
Figura 8: Procesos para la obtención del coagulante natural.	46
Figura 9: Proceso de obtención del coagulante en forma de gel.	46
Figura 10: Pencas de la <i>Opuntia ficus-indica</i>	47
Figura 11: Limpieza de las pencas.	47
Figura 12: Pesado de las pencas de la Tuna.	48
Figura 13. Pelado de la penca de Tuna.	48
Figuras 14 y 15. Trozado y macerado de la <i>O. ficus-indica</i>	49
Figuras 16 y 17. Envasado y etiquetado del coagulante.	49
Figura 18. Obtención de la muestra de agua residual.	50
Figuras 19. Poza de extracción de la muestra.	50
Figura 20. Preparación de materiales.	51
Figura 21. Extracción de la muestra.	52
Figura 22. Selección de la muestra.	52
Figuras 23 y 24. Etiquetado y traslado de la muestra.	53
Figuras 25. Dosis optima del coagulante <i>Opuntia ficus-indica</i>	59
Figuras 26. Prueba de control por SST.	62
Figura 27. Campana de Gauss para primera hipótesis específica.	64
Figura 28: distribución de las pruebas de control por turbidez.	67
Figura 29: Histograma de las Pruebas Tratadas por SST.	68
Figura 30: Comparación de la media de las muestras tratadas con el valor máximo admisible (VMA) correspondiente a solidos suspendidos totales (SST).	69
Figura 31: Histograma de la Prueba por DBO ₅	70
Figura 32. Histograma de la Prueba Tratada de DQO.	71
Figura 33: Histograma de las pruebas tratadas de la Turbidez.	72
Figura 34. Comparación de Estadígrafos – SST.	74
Figura 35: Comparación de Estadígrafos - DBO ₅	75

Figura 36. Comparación de Estadígrafos – DQO.	75
Figura 37. Comparación de Estadígrafos – Turbidez.....	76
Figura 38. Comparación de medias en cuanto a remoción.....	78
Figura 39. Campana de Gauss para la hipótesis general.	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Operacionalización de variables	8
Tabla 02. Proceso de sacrificio de Pollo en la Avícola La Chacra	35
Tabla 03. Caracterización del agua de la Avícola La Chacra.....	60
Tabla 04. Valores Máximos Admisibles (VMA)	61
Tabla 05. Distribución de las pruebas de Control por S.S.T.	61
Tabla 06. Distribución de las pruebas de Control Agrupado S.S.T.....	62
Tabla 07. Prueba de Hipótesis para la Primera Hipótesis específica.....	63
Tabla 08. Distribución de las pruebas de Control por DBO ₅	65
Tabla 09. Distribución de las pruebas de Control Agrupado DBO ₅	65
Tabla 10. Distribución de las pruebas de Control por DQO.	65
Tabla 11. Distribución de las pruebas de Control Agrupado DQO.....	66
Tabla 12. Distribución de las pruebas de Control por Turbidez	66
Tabla 13. Distribución de las Pruebas Tratada por SST	67
Tabla 14. Estadísticos de la Prueba Tratada por SST	68
Tabla 15. Distribución de las Pruebas Tratada por DBO ₅	69
Tabla 16. Estadísticos de la Prueba Tratada por DBO ₅	70
Tabla 17. Distribución de las Pruebas Tratada por DQO	71
Tabla 18. Distribución de las pruebas Tratada por Turbidez.....	72
Tabla 19. Cuadro Comparativo de las medias de la prueba de control y tratada	73
Tabla 20. Prueba de Hipótesis para la Tercera Hipótesis específica.....	77
Tabla 21. Prueba de Hipótesis para la Segunda Hipótesis específica.....	80

RESUMEN

Para remover las partículas suspendidas y materia orgánica en descomposición presentes en las aguas residuales no domésticos es necesario aplicar coagulantes que permitan obtener un agua de mejor calidad para disminuir los niveles de contaminación. Por esta razón, se han desarrollado diversos estudios con especies vegetales del género de la *Opuntia ficus-indica* para clarificar las aguas, como alternativa a los coagulantes. Este estudio tuvo como objetivo determinar la influencia del coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* en la remoción de los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo. Se seleccionaron varias investigaciones desarrolladas en el área de clarificación de aguas con coagulantes extraídos de *O. ficus-indica*, mediante las cuales se determinó la metodología para su obtención, se realizó pruebas preliminares y de eficiencia. La efectividad de estos coagulantes se evidenció a partir de los porcentajes de remoción de SST, DBO₅, DQO y turbidez después de la etapa de sedimentación. La investigación demostró la efectividad que posee esta cactácea, pues se registraron remociones de SST en el 65%, DBO₅ en 28% y turbidez por encima del 91% con la *Opuntia ficus-indica*, en forma gel (cruda o fresca). Se determinó que la *Opuntia ficus-indica* es influyente en la remoción de sólidos suspendidos totales y representa una alternativa para su aplicación a gran escala.

Palabras clave: Coagulante. *Opuntia ficus-indica*. Remoción de Sólidos Suspendidos Totales

ABSTRACT

To remove suspended particles and decomposing organic matter present in non-domestic wastewater, it is necessary to apply coagulants to obtain a better quality water to reduce pollution levels. For this reason, several studies have been developed with plant species of the genus *Opuntia ficus-indica* to clarify the waters, as an alternative to coagulants. The objective of this study was to determine the influence of the natural coagulant of *Opuntia ficus-indica* on the removal of the total suspended solids in the wastewater of the La Chacra de Huancayo Poultry. Several researches developed in the area of water clarification with coagulants extracted from *O. ficus-indica* were selected, by means of which the methodology for obtaining them was determined, preliminary and efficiency tests were carried out. The effectiveness of these coagulants was evidenced by the percentages of removal of SST, BOD₅, COD and turbidity after the sedimentation stage. The research demonstrated the effectiveness of this cactus, since removals of TSS were recorded in 65%, BOD₅ in 28% and turbidity over 91% with *Opuntia ficus-indica*, in gel form (raw or fresh). It was determined that *Opuntia ficus-indica* is influential in the removal of total suspended solids and represents an alternative for its large-scale application.

Keywords: Coagulant. *Opuntia ficus indica*. Removal of total suspended solids.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua se ha convertido en un grave problema que afecta a la población y el medio ambiente. El agua es el elemento vital para el ser humano y su desarrollo. Por ello, es necesario hacer un mejor uso de este recurso y evitar su degradación, ya que la fuente principal del origen de su contaminación es la actividad humana; es así que Heredia, I. de su investigación se señala que el Perú es uno de los Países amenazados por la escasez del recurso hídrico; se estima que actualmente genera 1000 millones de metros cúbicos de aguas residuales y de este solo el 19% es tratado (1). Para la mejora de la calidad del agua en los parámetros normativos establecidos, el agua se somete a tratamientos cuyos resultados no son tan eficientes debido a varios factores entre ellos las características de los diversos tipos de aguas residuales que llegan a esta, entre ellos los generados por las industrias y vertidos al alcantarillado sin tratamientos. En la actualidad contamos con algunas normativas que permitan establecer valores máximos admisibles para el control de los parámetros de los vertimientos industriales al alcantarillado, controlando así el riesgo que representan tanto para la salud de la comunidad y del ambiente, por lo que las industrias deben tratar el agua residual generada antes de su vertimiento. Entre los procesos de tratamiento encontramos a la coagulación cuya importancia radica en la eliminación de material en suspensión, junto a esta materia orgánica y algunos microorganismos presentes, asimismo Vásquez O. señala que la coagulación - floculación determinan la mayor o menor eficiencia del total del tratamiento (2); en la actualidad los coagulantes químicos son muy usados los cuales en dosis altas pueden ser tóxicos, debido a su demanda estos tienen un costo elevado y pueden ser arrastrados durante el proceso de tratamiento, por lo que se vienen realizando estudios de coagulantes de origen natural que tengan resultados favorables dentro del tratamiento, que sean económicos y no presenten toxicidad para el ambiente. Tomando en cuenta lo manifestado, en este estudio se consideró determinar la influencia del coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* en la remoción de los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo, pues esta especie ha demostrado ser efectiva en la clarificación de aguas residuales domésticas y no domésticas. En este estudio se comprobó la influencia del coagulante natural en la remoción de los sólidos suspendidos totales, debido a que la avícola “La Chacra” a través de todos sus procesos productivos, realiza descarga de aguas residuales directamente a la red de alcantarillado sobrepasando los

valores máximos admisibles, causando daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria y tratamiento de aguas residuales. Por ello, el aporte de la investigación se centra que en las pruebas muestrales se logró una reducción aceptable de los sólidos suspendidos totales y otros parámetros como son el DBO₅, DQO y turbidez, para que sea considerado su aplicación a escalas más grandes y su implementación del sistema en la Avícola “La Chacra” y otras empresas.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

A medida que crece la demanda global de agua, también crece el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación. En todos los países, excepto en los más desarrollados, la mayor parte de las aguas residuales se vierte directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado. (3)

Según OEFA en el Perú se genera aproximadamente 2 217 946 metros cúbicos de agua residual por día vertidas a la red de alcantarillado, de los cuales solo el 32% recibe tratamiento. (4)

Asimismo Anaya I, en su trabajo de investigación señala que los sistemas de alcantarillado así como los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Perú, son diseñados para trabajar con aguas residuales domésticas, por lo que las aguas residuales no domésticas son un problema tanto para la red de alcantarillado, como para los sistemas de tratamiento. (5)

La principal característica de las descargas de aguas residuales no domésticas, sobre todo las industriales, es el gran volumen de la descarga y la alta concentración de sustancias contaminantes que incluye sólidos suspendidos y elementos como el nitrógeno y el fósforo, también pueden incluir metales pesados, pesticidas, aceites y grasas, y muchos productos químicos orgánicos e inorgánicos tóxicos. Estas aguas residuales con altos niveles de contaminantes dañan las redes de alcantarillado, afectan la eficiencia de las plantas de tratamiento de agua (PTAR) y reducen el tiempo de su vida útil. (5)

Se ha observado actualmente que, de los efluentes de industrias, un sector considerable de la población nacional no cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales, tal como señala el Ministerio de Vivienda y Sedapal en el D.S. N° 021 – 2009 – VIVIENDA que menciona:

Valores Máximos Admisibles (VMA), es aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido en sus parámetros aprobados (...) causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales. (parr. 3) (6)

En Junín el desarrollo industrial se ha venido manifestando de manera creciente, lo cual tiene impactos en el ambiente principalmente en cuanto a efluentes se refiere. No obstante, ello no debería convertirse en una restricción, sino en una posibilidad para generar tecnologías limpias y tratar las aguas residuales antes de su vertido (7). En base a esta información se deduce que para mejorar el tratamiento de aguas residuales en las ciudades debemos tratar previamente las aguas residuales de las industrias que descargan al alcantarillado y finalmente perjudican al tratamiento posterior por la heterogeneidad en las características de las aguas residuales.

Así mismo en cuanto al tratamiento de aguas residuales, los procesos de coagulación son aptos no solo para remover partículas, también son capaces de remover materia orgánica y patógenos que se encuentran unidos a dichas partículas, mejorando significativamente la calidad del agua y, en consecuencia, la salud humana (8), la coagulación se alcanza mediante el uso de un coagulante, para neutralizar las cargas electroestáticas de los coloidales suspendidos en el agua, generando una aglomeración, y formando partículas grandes factibles de sedimentación. Los coagulantes en boga, mayormente son sales metálicas. Sin embargo, dado que estos químicos son arrastrados al sedimentar, los fangos producto del proceso se convierten en una dificultad ambiental. Por otro lado, estos químicos en altas dosis pueden llegar a ser tóxicos. Del mismo modo estos productos al ser muy comerciales tienen altos costos en el mercado (9).

Por ello es oportuno buscar fuentes naturales que generen coagulantes no dañinos al ambiente y asequibles al factor económico de los países. Es así que el valor de esta investigación radica en obtener un coagulante natural, a partir de la *Opuntia ficus-indica* útil para la remoción de los Sólidos Suspendidos Totales y la turbidez en aguas residuales de un proceso de beneficio, de esta manera mejorar los VMA (valores máximos admisibles) de este tipo de efluentes disminuyendo la contaminación del agua y aportando a investigaciones futuras con respecto al tratamiento de aguas residuales.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general:

¿El coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* influye en la remoción de los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo - 2017?

1.1.2.2. Problemas específicos:

- a) ¿Cuál es el nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo - 2017?
- a) ¿Existe diferencia en el porcentaje de reducción de los sólidos suspendidos totales al emplear el coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* con los porcentajes de remoción obtenidos para los parámetros de turbidez, DBO₅ y DQO en el agua residual de la avícola la Chacra - 2017?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* en la remoción de los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Identificar el nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo - 2017.
- b) Comparar el porcentaje de reducción de los sólidos suspendidos totales al emplear el coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* con los porcentajes de remoción obtenidos para los parámetros de turbidez, DBO₅ y DQO en el agua residual de la avícola la Chacra - 2017.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

La investigación se justifica, que debido al crecimiento de las ciudades en el Perú y con ello el aumento de industrias las cuales a través de sus procesos generan aguas residuales, de las cuales gran parte no cuentan con procesos de tratamiento desembocándolas directamente al alcantarillado, perjudicando su tratamiento posterior por los diversos efluentes generados por cada actividad (heterogeneidad de características de la mezcla de aguas residuales no domésticas y domésticas) (5), haciendo de este modo cada vez más necesario tratar las aguas residuales antes de su vertido. (7)

Es así que la avícola a través de todos sus procesos productivos, realiza la descarga de aguas residuales directamente a la red de alcantarillado después de todos sus procesos cuyos parámetros podrían sobrepasar los Valores Máximos Admisibles, estos valores al ser excedidos en sus parámetros aprobados (Anexo 02. Tabla del decreto) causan daños en las instalaciones sanitarias y afecta negativamente a los procesos de tratamiento de aguas residuales lo cual influye directamente en costos asociados a la actividad y al medio ambiente. (6) Es por esta razón que al usar un coagulante natural se disminuiría los sólidos en suspensión, mejorarían otros parámetros como la turbidez y se cumpliría con la norma lo cual mejoraría las características de la descarga que se realiza a la red de alcantarillado. De esta manera se podría hacer un aporte para futuros proyectos con respecto al tratamiento de aguas residuales.

1.3.2. Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente la investigación debido al empleo de técnicas e instrumentos de acuerdo a la metodología aplicada (tratamiento preliminar → validación metodológica), resaltando la necesidad de estudiar

nuevas alternativas para el tratamiento de agua, en este caso los coagulantes naturales como la *Opuntia ficus-indica*, la cual es una planta que no requiere tierras de gran calidad, pues puede crecer en terrenos poco fértiles y de escasa humedad evidenciando que los cuidados que necesitan son mínimos (10), mostrando la metodología su potencial de aplicación en términos de viabilidad al obtener resultados representativos a nivel de laboratorio; aplicando tanto para su obtención como para su tratamiento en la siguiente investigación la cual fue validada a través de los resultados obtenidos y servirá como base para la aplicación en estudios futuros.

1.3.3. Justificación científica

El siguiente estudio pretende contribuir con el proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales de efluentes de beneficio y así aportar a las ciencias ambientales, contrarrestando los aspectos ambientales y la disminución de la contaminación. Asimismo, para el siguiente trabajo se aplicó una observación, en términos cuantitativos relacionados a la validación del experimento, lo cual responde al método científico, usando de esta manera la ciencia como punto de partida para generar un conocimiento que contribuya con investigaciones futuras para la mejora del tratamiento de aguas residuales.

1.3.4. Importancia

Si bien es cierto que se han desarrollado estudios sobre los coagulantes naturales entre ellos el de la *Opuntia ficus-indica*, sin embargo, están dirigidos a aguas de fuentes naturales como ríos, muy pocos se han probado en agua residuales de efluentes de beneficio, evidenciando la necesidad de generar conocimientos originales que contribuyan al desarrollo de alternativas complementarias a nivel local. Del mismo modo, en cuanto a su alcance, esta investigación abrirá nuevos caminos para estudios que presenten situaciones similares a la que aquí se plantea,

sirviendo como marco referencial a estas, asimismo brindar una alternativa a algunas industrias para la aplicación antes del vertimiento de sus efluentes cumpliendo los valores máximos admisibles y mejorando su desempeño ambiental.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H1: El coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* influye en la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017.

1.4.2. Hipótesis nula

Ho: El coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* no influye en la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017.

1.4.3. Hipótesis alternativa

Ha: El coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* influye en la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017 en función de la prueba preliminar.

- Hipótesis específicas:

- a) H1_{OE1}: El nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo supera los valores máximos admisibles de sus vertimientos en Huancayo - 2017.
- b) H0_{OE1}: El nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo no supera los valores máximos admisibles de sus vertimientos en Huancayo - 2017.
- c) H1_{OE2}: Existe diferencia en el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales y los parámetros de DBO₅, DQO y turbidez en Huancayo - 2017.
- d) H1_{OE3}: No existe diferencia en el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales y los parámetros de DBO₅, DQO y turbidez en Huancayo - 2017.

1.4.4. Operacionalización de las variables

Tabla 01. Operacionalización de variables

Variables	Tipos de variables	Conceptualización	Categoría	Indicador
Sólidos Totales en Suspensión	Dependiente	Hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual.	SST antes del tratamiento	mg/L
			Turbidez	UNT
			Remoción de SST	mg/L
Coagulante natural de la <i>Opuntia ficus indica</i>	Independiente	Sustancias naturales que dosificadas adecuadamente en una masa homogénea de agua que contiene partículas en suspensión (turbidez), son precursoras de generar la afinidad entre ellas, favoreciendo el	Cantidad de coagulante (dosis)	ml/L (11) De acuerdo al estudio de Quispe H.

crecimiento de los coágulos. Estos coágulos convenientemente tratados, formaran los flóculos y estos decantaran en la etapa de sedimentación.	Agitación	RPM
	pH	Unidad de pH

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

Arias A. y otros, en su estudio titulado “Tratamiento de Aguas Residuales de una central de sacrificio: Uso del polvo de la semilla de la M. olifera como coagulante natural”, tuvo como objetivo analizar la eficiencia de la semilla del árbol M. olifera como coagulante natural en un agua residual de sacrificio, para lo cual realizaron pruebas de coagulación/floculación en un jar test aplicando una mezcla rápida de 200 RPM durante 60 segundos y una mezcla lenta de 45 RPM durante 10 minutos, en cada ensayo realizado se midió pH, turbidez, color, SST, DBO₅ y DQO. En cuanto a los resultados obtenidos con una aplicación de dosis óptima de 7500 mg/L y una contracción de 5%, se puede lograr una eficiencia de remoción de color y turbidez de 87% y 80% respectivamente, del mismo modo dentro del estudio señalan que en cuanto a pH los mejores resultados se manifestaron en pH $\geq 8,4$ con valores de remoción de 70% a 80% de remoción de turbidez y color. (12)

Almendares N, en su investigación "Comprobación de la efectividad del coagulante (Cochifloc) en aguas del lago de Managua" – Nicaragua, se utilizó el polímero Cochifloc como coagulante natural a partir de la penca la tuna *Opuntia Cochinelífera*, para la comprobación de su capacidad coagulante realizo pruebas de jarra, despues del analisis de sus resultados concluye lo siguiente; se encontró 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. (13)

Gonzáles, y otros, en su investigación titulada "*Opuntia ficus-indica* y *Opuntia wentiana*: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua", cuyo objetivo fue comparar la efectividad de *Opuntia ficus-indica* y *Opuntia wentiana* como coagulantes en la clarificación de aguas destinadas al consumo humano, realizaron una matriz de registro de dichos coagulantes y la metodología para su obtención, donde concluyen: La efectividad se evidencio a partir de los porcentajes de remoción de turbidez y color despues de la etapa de sedimentación, ubicados entre 93.78% y 96.02% utilizada en crudo, y entre 82.98% y 93.66% utilizada en su forma disecada. Los valores de remoción arrojados por *O. wentiana* oscilan entre 79.30% y 94.84% y entre 84.1 y 96.9%, en su forma cruda y desecada, respectivamente. Dichos resultados indican que *O. ficus-índica* (cruda) es más eficiente en la remoción de la turbidez. En la remoción de color, se mostraron porcentajes máximos de 84.1% (*O- wentiana*) y de 100% con el uso de *O. ficus índica*, razón por la cual se considera que *O- ficus índica* (cruda) es la más efectiva en la remoción de color de agua. Los valores de pH arrojados con el uso de *O. ficus índica* y *O. wentiana*, en su mayoría se encuentran dentro de lo establecido en las normas sanitarias de calidad del agua potable de Venezuela. Mientras que la alcalinidad se registró por debajo de 40 mg CaCO₃/L, lo cual tambien se considera aceptable. Se determinó que *o. ficus índica* (cruda) es más eficiente en la clarificación del agua y representa una alternativa viable para su aplicación a gran escala. (14)

Morales M. y otros (s.f.) en su investigación titulada “Pruebas tratabilidad del agua residual del rastro municipal (Industrial de Abastos Puebla, IDAP)”, investigación presentada en la Universidad autónoma del Estado de Puebla de Mexico, donde concluyen: Los coagulantes seleccionados en base a su bajo costo y efectividad fueron: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$, FeCl_3 y SÜDFLOCK EX-948. Posterior a determinar su punto iso-eléctrico se verificó la dosis necesaria para obtener un clarificado satisfactorio para cada coagulante, resultando ser: 17.5 y 17 ml/L tanto para el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ como para el SÜDFLOCK EX-948 y de 30ml/L para el FeCl_3 . A partir de las pruebas de jarras se encontró que el SÜDFLOCK EX-948 resultó ser un excelente coagulante para clarificar, en términos generales, agua residual con alta carga orgánica ($\text{DBO}_5 \gg 3000\text{mg/L}$) y que en conjunto con 15 mL de adsorbente P63, un ajuste de $\text{pH} = 7.35$ (16mL de CaOH_2), 2 ppm de polímero no iónico se obtiene un flóculo definido y bien sedimentado logrando el abatimiento de los parámetros establecidos en la NOM-002-ECOL-1996 (grasas y aceites, sólidos suspendidos totales y sedimentables, DQO, color, materia flotante, pH, ente otros parámetros característicos de un agua residual de un rastro. (15)

Quille G. y Donaires T., en su investigación titulada “Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de Camal Municipal llave”, concluyen que el camal municipal llave genera gran cantidad de residuos líquidos y residuos sólidos, y se ha verificado la problemática ambiental existente enfocada principalmente en el rio llave por el vertimiento directo de efluentes líquidos de camal, así como la contaminación por residuos sólidos. Las aguas residuales de camal Municipal de llave contiene altos niveles de carga orgánica, reportando altos índices de DBO_5 , DQO, sólidos suspendidos, fósforo total y nitrógeno total cuyos valores sobrepasan los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de camal (...). El sistema de tratamiento mixto lechada de cal-sulfato de aluminio y sedimentación es una tecnología adecuada que permite remover DBQ_5 al 75%, DQO al 73%, fosforo al 95%, y sólidos en suspensión al 99%, así como la reducción de coliformes totales. La generación de residuos sólidos de camal tales como estiércol, pelos, rumen de los animales y otros

constituyen focos de contaminación ambiental, causando malos olores, proliferación de insectos, por ende la propagación de enfermedades. Es muy beneficioso y económico la utilización de residuos sólidos de camal como materia prima dentro de un proceso de compostaje, para obtener un abono orgánico rico en nutrientes. El rumen del camal y los residuos sólidos orgánicos urbanos biodegradables ha sido transformado mediante proceso compostaje aerobia en producto compost listo para su uso en suelos agrícolas. Mediante análisis químico se determinó N,P, K en el producto compost, cuyos contenidos son: Nitrógeno 1.84%, fósforo 0,92% y potasio 2.82%. El producto compost obtenido es de café oscuro, contiene alto contenido de materia orgánica y cumple con las propiedades generales de un compost para ser comercializado. (16)

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

Jaimes N, en su tesis titulada “Eficiencia del Coagulante Natural *Opuntia ficus indica* (L.) Miller con un Sistema de Filtración para la Remoción de Parámetros Físicoquímicos y Biológicos en el agua residual doméstica del centro urbano Hornillos, Ancash 2016”, tiene como finalidad evaluar la eficiencia del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* (L.) en diferentes porcentajes de concentración y volumen para la remoción de los parámetros físicoquímicos y biológicos presentes en el agua residuales domésticas generadas por el centro urbano de Hornillos. El presente trabajo de investigación consiste de tres fases, la primera fase es la obtención del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, luego la determinación del volumen óptimo del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller con los distintos porcentajes de concentración en la prueba de jarras y la última fase consistió en utilizar los porcentajes de concentración con sus respectivos volúmenes óptimos del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, para luego ser llevado a la prueba de jarras y el sistema el filtro. Se determinó los parámetros físicoquímicos y biológicos en las dos últimas fases con la finalidad de determinar la eficiencia de coagulante natural durante la prueba de jarras y el sistema de filtro. Al evaluar la eficiencia del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* (L.)

Miller se obtuvo como resultado que el porcentaje de concentración óptimo y el volumen óptimo fue de 80% con 1 ml de coagulante natural, durante la prueba de jarras se logró una eficiencia de remoción de turbidez del 95%, de sólidos suspendidos totales 57%, demanda química de oxígeno 58% y de coliformes totales 44%. Para el proceso de prueba de jarras con el sistema de filtro se logró una eficiencia de remoción de turbidez de 99%, de sólidos suspendidos totales 88%, demanda química de oxígeno 82% y de coliformes totales 85%. (17)

Torres, en su trabajo de tesis titulado “Análisis del Coagulante Natural *Opuntia Ficus* con fines de implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca, Apurímac” presenta una propuesta de implementación de una planta de tratamiento de agua potable utilizando el coagulante natural *Opuntia ficus* en la remoción de turbidez y color de las aguas de los riachuelos de anccoajayo, Jayo, Pincahuacho, e incluso en el río Chalhuanca; con el fin de brindar de un servicio eficiente con buena calidad, debido a que el servicio actual es de mala calidad generando casos de enfermedades. En su investigación plantea la utilización de la baba de nopal obtenida de la penca de tuna (*opuntia ficus-indica*) como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A, por ser una planta que abunda en el territorio de la cordillera de los andes especialmente en territorio chalhuanquino, con un método de obtención bien simple y nada costoso al alcance de todo ciudadano y personal profesional. Mediante la investigación experimental se evaluó la capacidad que tiene la baba de nopal obtenida a partir de la penca de tuna (*opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez y color tomando en cuenta el pH, presentes en el agua cruda del riachuelo de Chalhuanca, los datos recopilados durante el procedimiento de la prueba de jarras realizada en el laboratorio de la empresa R- chemical en la ciudad de Lima, sirvió para demostrar que la baba de nopal extraída de la penca de tuna (*opuntia ficus-indica*) trabaja muy bien como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio tipo A. Los valores obtenidos en dichos ensayos son muy cercanos a los parámetros mínimos permisibles según el reglamento de calidad de agua para el consumo humano. (18)

Perez en su investigación realizada con las especies "*Opuntia ficus-indica*, Aloe vera y *Caesalpinia spinosa*", las cuales fueron puestas a prueba como coagulante-floculante natural en el tratamiento de las aguas del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba, dicho proyecto de investigación tuvo una duración de 9 meses, tomando en cuenta variables como la velocidad de agitación, tiempo de contacto y la cantidad del recurso vegetal a usar, la población se constituyó por las aguas del río Crisnejas, tomando en total 108 litros de agua, necesarios para la aplicación del tratamiento mediante el uso del equipo de test de jarras B-KER, de igual modo para la determinación de la turbidez fue necesario el uso del equipo de Turbidímetro-Nefelómetro portátil HI 93703 C. Una vez efectuadas las pruebas se llegó a la conclusión que la disminución de la turbidez del agua que consume la población de Chuquibamba-Cajabamba, se realizó de manera favorable, logrando reducir la turbidez en un 61.09% al usar *Opuntia ficus indica*, en un 48.47% al usar *Caesalpinia spinosa* y en un 42.48% en el caso del uso de Aloe vera. (19)

Cayllahua L. y Ricse Y. en su tesis titulada "Eliminación de Residuos Orgánicos (Aceites y Grasas) de aguas residuales por Electrocoagulación", tuvieron como objetivo principalmente eliminar los compuestos orgánicos (Grasas y Acetes) utilizando el proceso de electro-químico (electrocoagulación), donde estudiaron las aguas residuales (urbanas) de los restaurantes de los alrededores del Ciudad Universitaria, evaluando las propiedades que caracteriza el agua en estudios antes del tratamiento, comparando los valores con los obtenidos después del proceso de coagulación. Los autores mencionan que en un estudio piloto de 3 litros usando los electrodos aluminio y fierro les resultó muy efectivo, por donde se observó que los iones necesarios para la coagulación en un proceso químico son aportados por los electrodos tales como Al^{+3} y Fe^{+3} los que provocan el efecto deseado de la coalescencia de las partículas con ayuda de la electrolisis del agua desprendiendo Hidrógeno y Oxígeno; por tanto llegan a las siguientes conclusiones: Se eliminó los residuos orgánicos (Aceites y Grasas) de las aguas residuales por proceso electroquímico (electrocoagulación) en un promedio de 90.441% con una densidad de corriente de 20 A/m² y 3 cm. Los electrodos óptimos encontrados para la

electrocoagulación son el par compuesto aluminio y hierro con un mayor porcentaje de remoción de aceite y grasas con un promedio de 84,013. La densidad de corriente optima para la remoción de Aceites y Grasas con un porcentaje de remoción promedio de 90.44 % es de un valor de 20 (A/m²). La distancia óptima encontrada para la celda electrolítica trabajada es de 3 cm con un área de contacto de 1008 cm². La electrocoagulación se considera como la versión electroquímica de la coagulación química en la cual se basa en la generación de iones Fe⁺³ con la siguiente formación de especies básicas de los cationes metálicos que forman flóculos sobre los que se absorben sustancias orgánicas e inorgánicas. (20)

Paucar N. en su investigación titulada “Residuo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una planta textil utilizando Membranas”, describe los tipos de contaminación que permite entender los tratamientos que podrían emplearse para las aguas residuales y conocer las ventajas y desventajas de cada uno de las tecnologías propuestas para así dar la propuesta mas óptima, llegando a las siguientes conclusiones: Al finalizar el estudio se propuso el uso de membranas para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil ya que en comparación a los estudios principalmente al de osmosis inversa y el tratamiento físico - químico es el más adecuado debido a su facil operación, su menor costo energético y mayor tiempo de vida de las membranas. (21)

Heredia I. en su tesis titulada “Eficiencia de un humedal artificial con Arundo donax (Poaceae) para el tratamiento de aguas residuales domésticas UNCP – El Tambo”, tuvo la finalidad de conseguir la eficiencia de un humedal artificial midiendo el caudal de aguas residuales por el método volumétrico, caracterizando luego las aguas residuales con los parametros de demanda bioquímica de oxígeno y temperatura cuyos resultados fueron de 402.00 mg/L y 14 °C respectivamente. Se evaluaron las características físicas, químicas y biológicas, como la temperatura, pH, sólidos totales, solidos suspendidos, DBO5, DQO, OD, coliformes fecales, y coliformes totales; llegando a las siguientes conclusiones: Primero que la eficiencia del sistema de tratamiento por medio de un humedal artificial piloto empleando la especie. Arundo donax para el tratamiento de aguas

residuales domésticas generadas en la UNCP alcanzó una remoción mayor a 50%. Otra conclusiones es que la DBO₅, y la DQO, alcanzó remover altas concentraciones a más de la mitad del promedio inicial superando medidas de eliminación con resultados generales que llegaron a 63.48% y 63.79% respectivamente. La tercera conclusion indica que el nivel general de remoción de los sólidos totales y sólidos suspendidos del sistema de tratamiento del humedal artificial fue elevado, alcanzando un valor de eficiencia de 79,15% y 84,52% respectivamente. Otra conclusión indica que la eficiencia de remoción de coliformes totales y fecales alcanzó el valor de remoción total de 86,82% y 88,57% respectivamente, siendo muy eficiente el sistema de tratamiento. Y por ultimo la especie Arundo donax, después de su plantación y puesta en marcha el sistema de tratamiento tuvieron un rápido crecimiento, adaptación y propagación lo que indica que es una especie adecuada para ser usada en humedales artificiales. (1)

Castro P. y Espinoza B. en su tesis titulada “Evaluación experimental de la biodegradación de la materia orgánica de las aguas residuales de una industria textil en un reactor biológico tipo filtro”, su objetivo general fue evaluar experimentalmente la biodegradación de la materia orgánica de las aguas residuales de una industria textil en un reactor biológico tipo filtro; esta investigación, fue realizada en el laboratorio de Electroquímica de la Facultad mencionada antes, de la cual se llegaron a las siguientes conclusiones: El sustrato sintético con características de un agua residual textil que se ha formulado esta constituido en su mayoría de materia orgánica expresado en 500, 2000 y 5000 mg DQO/L y de sulfato, cloruro de sodio y otros componentes. La adaptación de la biomasa a los soportes y al sustrato sintético ha durado aproximadamente 1 mes, durante este periodo no se logró una buena adaptación de la biomasa al soporte. Para la validación de la eficiencia de biodegradación se realizó un experimento con las aguas residuales de la industria Manufacturas del Centro y para una carga orgánica de 13000 DQO/L se logro solamente una eficiencia de 36,49%. El tiempo de vida de las bacterias adheridas al soporte y de aquellas que se encuentran en los lodos anaerobios es de 6 meses aproximadamente. (22)

2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación

Zhang J, y otros en su trabajo de investigación “A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment” – China, estudiaron el comportamiento del cactus como coagulante natural, buscando identificar el rendimiento de la coagulación del cactus mediante la aplicación de prueba de la jarra. En base a los resultados obtenidos concluyen que; bajo ciertas condiciones iniciales de turbidez (20 a 200 UNT), pH alcalino, y temperatura (30 °C), alcanza una eficiencia de remoción muy alta y una turbidez final de 5 UNT. (23)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.2.1.1. Aguas Residuales

Son efluentes obtenidos de las actividades domésticas e industriales, que alteran la calidad del agua, elevando cada vez más la contaminación, convirtiéndose en un hecho preocupante, “Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales” (20), por otro lado haciendo referencia a Saéñz, (s.f.) se deriva que los materiales inorgánicos se pueden eliminar por técnicas mecánicas y químicas; pero, cuando el material a ser separado es orgánica, el procedimiento involucra actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en dióxido de carbono CO₂; por ello, los tratamientos de las aguas residuales son

procesos en que los microorganismos juegan papeles decisivos (24).

De lo citado, señalamos que la eliminación de residuos orgánicos en aguas residuales, requieren de tratamiento especiales como es el proceso de coagulación y floculación, utilizando elementos artificiales y/o naturales.

El tratamiento de aguas residuales mejora la calidad del agua en sus parametros, al respecto Cayllahua L. y Ricse Y. que hacen referencia a Ramalho, mencionan:

(...) las aguas residuales consisten de dos componentes, un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo. Tipicamente existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar las aguas residuales se asienten en el fondo. (...) y el segundo método más común consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica (...)(p. 48). (20)

2.2.1.1.1. Origen de los Contaminantes

La clasificación del contaminante respecto a su origen, es fundamental ya que a partir de este se va a determinar su composición. Los cuales tienen su origen en tres fuentes:

- ✓ Vertidos domesticos.
- ✓ Vertidos no domesticos o industriales.
- ✓ Contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.).

Las actividades que conyengan a la contaminación urbana del agua son generadas por los hogares así como los establecimientos comerciales y algunas industrias desarrolladas en las ciudades. La

contaminación de las aguas se define como “una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente”. (1) Al respecto Romalho, menciona: Las cuatro fuentes de aguas contaminadas son 1. Aguas domésticas 2. Aguas residuales industriales; 3. Aguas de uso agrícolas; y 4. Aguas Pluviales. Aunque la mayor parte de las aguas residuales (cerca del 90%) provienen del uso doméstico e industrial, la de usos agrícolas y pluviales están adquiriendo cada día mayor importancia, debido a que los escurrimientos de fertilizantes (fosfatos) pesticidas representan los principales causantes del envejecimiento de lagos y pantanos proceso llamado eutrofización. (25)

2.2.1.1.2. Características de las aguas residuales de vertidos urbanos.

Los parámetros característicos son:

- ✓ Temperatura.
- ✓ pH.
- ✓ Sólidos Suspendidos Totales (SST).
- ✓ Demanda química de oxígeno DQO
- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno DBO
- ✓ Nitrógeno total.
- ✓ Nitrógeno Amónico y Nitratos.

Según Postel, señala “otros parámetros como fósforo total, nitritos, sulfuros, sólidos disueltos”. (26)

2.2.1.1.3. Valores Maximos Admisibles

Es el valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario (6)

Los parámetros establecidos son los siguientes:

- ✓ Sólidos Suspendidos Totales

Son la materia particulado que se tiene en un filtro de fibra de vidrio con poros de 4.5 μm que permanece en este al evaporar el agua entre 103 °C y 105 °C. Los sólidos sedimentables son una fracción de los sólidos suspendidos totales y representa el material que sedimenta en 45 minutos en un cono imhoff al dejar reposar el agua. (27)

- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Es la medida de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica como resultado de la oxidación bioquímica aerobia, por tanto representa una concentración indirecta de materia orgánica degradable biológicamente. Se relaciona con la medida del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el transcurso de oxidación bioquímica, así cuando los

niveles DBO son altos los niveles de oxígeno disuelto serán bajos, debido al consumo de oxígeno por las bacterias (28). Complementario a ello, se señala que los resultados de pruebas de DBO_5 se utilizan para establecer la cantidad aproximada de oxígeno que se necesitara para equilibrar biológicamente la materia orgánica presente (29)

✓ Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato, en medio ácido (28). En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. (1)

✓ Aceites y grasas

Su origen puede ser de naturaleza animal o vegetal, son sustancias de naturaleza lipídica, que al no mezclarse con el agua, permanece en la superficie, perjudicando la vida acuática, ya que interfiere en los procesos de fotosíntesis y aireación (30).

2.2.1.1.4. Sólidos

Son materiales suspendidos y disueltos en el agua, los cuales pueden afectar negativamente a la calidad del agua, ya que la deposición de estos en las hojas inhibe la actividad de fotosíntesis disminuyendo el crecimiento de los cultivos, la materia en suspensión también favorece al crecimiento de microorganismos contribuyendo a degradación de la calidad del agua. (27)

✓ Sólidos Suspendidos Totales

Son sólidos retenidos al pasar a través de un filtro con poro de 0.45 μm . Representa la fracción contaminante a ser eliminada por sedimentación, coagulación-floculación o filtración. Está constituido por partículas orgánicas (materia orgánica, microorganismos, etc.) e inorgánicas (arcillas, arenas, etc.). (27) Según Heredia I, menciona “los sólidos suspendidos totales es el término aplicado al residuo de material dejado después de la evaporación de una muestra y su subsecuente secado en un horno a una temperatura de 103 – 105 $^{\circ}\text{C}$ ”. (1) El impacto de genera la presencia de sólidos suspendidos es la formación de un área expuesta a la adsorción de agentes químicos y biológicos, así como la presencia de materia orgánica que al degradarse deteriora la calidad del agua. (27) Asimismo, Ruiz D. menciona que “valores altos de SST (1000 mg/L) afectan la entrada de luz, limitando el desarrollo de la vida acuática” (...). En aguas con menor turbulencia como lagos, embalses, los sólidos suspendidos encuentran condiciones propicias para la deposición, este depósito puede

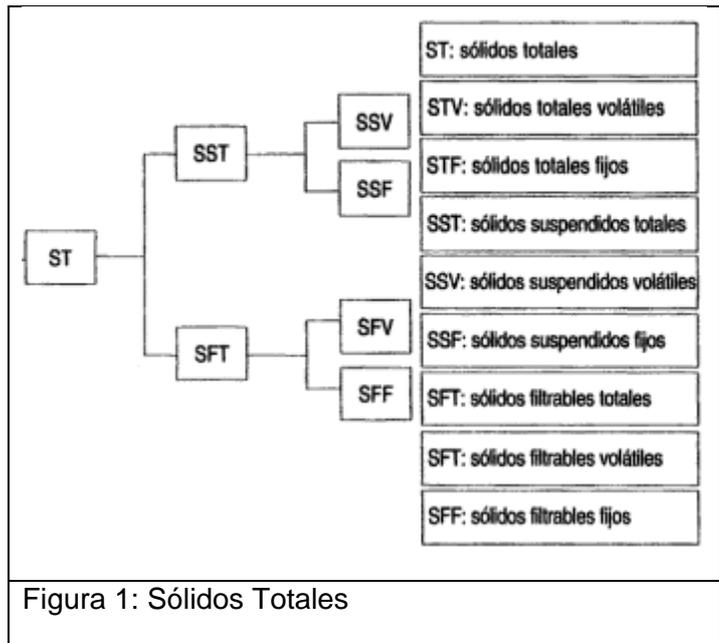
impedir la transferencia de oxígeno y resultar en la muerte de los organismos que habitan el agua. (31) También hay una importancia en los análisis de sólidos para el control de los procesos biológicos y físicos de tratamiento de agua residual. Del mismo modo se señala que “los sólidos en suspensión pueden dar lugar a depósitos de fango y condiciones anaerobias cuando se vierte aguas residuales sin tratamiento al entorno acuático”. (32) Por otro lado los sólidos sedimentables es el término aplicado al material que logra sedimentarse dentro de un periodo de 45 minutos (27), puede ser expresado en ml/L o mg/L. Asimismo se indica que los sólidos sedimentables establecen aproximadamente una cantidad de fango que se adquirirá en la primera etapa (sedimentación) del agua residual. (29)

✓ Sólidos Disueltos o Filtrables

Son los sólidos que atraviesan un filtro con poro de $0.45\ \mu\text{m}$. La concentración elevada afecta al sabor del agua y aumenta la conductividad eléctrica. (27) Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por la evaporación de un volumen de agua previamente filtrada.

✓ Sólidos Totales

Se refiere a la suma de los sólidos suspendidos y disueltos.



Fuente: Jiménez B (27).

Otros parámetros considerados en las aguas residuales :

✓ Turbidez

En lo que respecta a la turbidez, se considera que “la turbidez de un agua se debe a la presencia de partículas sólidas en suspensión o coloide, con un diámetro muy pequeño (0,1 μ), impidiendo que la luz se transmita tal como lo haría a través de un agua pura” (p.9) (1) Por otro lado “la determinación del grado de turbidez del agua nos puede dar información acerca del grado de contaminación general” (p. 389). (29)

✓ Color

El color grisáceo es por lo general una característica en aguas residuales. A excepción, en el incremento del tiempo de transporte en el

alcantarillado y el desarrollo de condiciones más cercanas a las anaeróbicas, el color varía progresivamente de gris a gris oscuro, terminando en color negro, este se le conoce como septica. Los colores mencionados generalmente se dan debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción libre en circunstancias anaeróbicas con los metales presentes. (1).

2.2.1.2. Coagulación-Floculación

Según Engineers una gran parte de la materia en suspensión está formada por micro y nano partículas formando una suspensión coloidal, que en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas se genera una sedimentación muy lenta, que a la vez contribuye a que un tratamiento mecánico clásico sea inviable. Existen diferentes sistemas de eliminación de materia en suspensión, como la adición de reactivos químicos que desequilibren la coagulación y favorezcan la floculación de las mismas para adquirir partículas sedimentables. Estos son tratamientos que se manipulan, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas como industriales. Así mismo el autor hace referencias que los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales como el Fe^{+3} , Al^{+3} , junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser de favorecer la floculación. (33)

2.2.1.2.1. Los Coloides

De lo que menciona SEDAPAL se induce que los coloides son suspensiones invariables, por lo que no puede generarse su sedimentación natural, formando parte de la turbidez y del color. (34)

✓ Afinidad de las Partículas Coloidales por el Agua

Del mismo SEDAPAL se menciona que las partículas coloidales se caracterizan por ser hidrofílicas (tienen analogía por el agua) e hidrófobos (es decir que rechazan al agua). (34) Las partículas hidrófobas generalmente son inorgánicas y las hidrofílicas son orgánicas.

2.2.1.2.2. Coagulación

“Es el proceso por el que los componentes de una suspensión o disolución estable son desestabilizados por superación de las fuerzas que mantiene su estabilidad” (35)

Según SEDAPAL es un proceso de desestabilización química de los coloides, producto de neutralizar las fuerzas de repulsión de las partículas, con el uso de coagulantes y la aplicación de energía de mezclado. La coagulación busca desestabilizar las partículas coloidales en suspensión, para generar su aglomeración; eliminando las materias en suspensión estables; la turbiedad y concentración de la cuerpos orgánicos y microorganismos. (34)

2.2.1.3. Tipos de coagulantes

✓ Coagulantes Metálicos

Han sido los más utilizados para el tratamiento de aguas residuales, entre los más utilizados se hallan: sulfato de aluminio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico y el aluminato de sodio. (36)

✓ Coagulantes Naturales

Los coagulantes naturales son de origen orgánico entre ellas se encuentran ciertas plantas, incluyen semillas en polvo por ejemplo del árbol *Moringa olifeira*, penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*), tipos de arcilla como la bentonita, el polvo de pepas de durazno, las habas, y una de las más antiguas es la fariná obtenida de la planta conocida como mandioca o yuca. (37)

- *Opuntia ficus-indica*

Al respecto Rivas M. señala que son vegetales arbóreos o rastreras, que poseen un tronco consistente típico, con ramales esparcidos o en forma de copa, con tallos y ramas pronunciadas, suelen tener hasta 5 metros de alto y las pencas alcanzan los 30 cm hasta los 50 cm de ancho y 2 cm de grosor, presentan un color verde opaco. Contienen espinas que son frágiles, blancas o amarillas. Además, tienen flores y frutos, ovalados de color rojo, anaranjado o amarillo, conocido comúnmente en el mercado como las tunas. (10)

Taxonomía de la *Opuntia ficus-indica*.

- Reino: Vegetal
- Subreino Embryophita
- División Angiospermae
- Clase Dicotyledonea
- Subclase Dialipetalas
- Orden Opuntiales
- Familia Cactaceae
- Subfamilia Opuntioideae
- Tribu Opuntiae
- Genero Opuntia (38)

2.2.1.3.1. Factores que influyen en la coagulación

- ✓ Influencia del pH

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. El rango de pH se encuentra en función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto, la dosis requerida es alta. (39)

MODIFICADORES DE pH	
Oxido de calcio = cal viva	CaO
Hidróxido de calcio	Ca (OH) ₂
Carbonato de sodio	Na ₂ (CO ₃)
Hidróxido de sodio	Na OH
Gas carbónico	CO ₂
Acido sulfúrico	H ₂ SO ₄
Acido clorídrico	HCl

Figura 2. Modificadores de pH en el tratamiento de agua.

Fuente: Estado del arte, Coagulación (40).

✓ Influencia de la Temperatura del Agua

Temperaturas muy elevadas desfavorecen la coagulación, del mismo modo la disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc. (34)

✓ Influencia de la Dosis del Coagulante

Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escasa, por lo tanto, la turbiedad residual es elevada. Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños que dificultan la sedimentación haciéndola muy lenta o baja. (34)

✓ Influencia de Mezcla

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 seg., máximo.) llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microfloculos y unirlos haciéndolos cada vez más grandes para facilitar su sedimentación. (34)

✓ Influencia de la Turbiedad

Si la turbiedad aumenta se debe adicionar el coagulante, pero la cantidad no es significativa debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario, cuando la turbiedad es baja la coagulación y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta. (34)

2.2.1.3.2. Floculación.

Es un proceso sucesivo a la coagulación, que corresponde a la etapa de mezclado lento, lo cual radica en la agitación de la masa coagulada para conseguir el aumento y aglomeración de los floculos recientemente formados con el propósito de agrandar el tamaño e incrementar el peso necesario, sedimentando con facilidad. (39)

✓ Objetivo de la Floculación

El objetivo de la floculación es permitir la unión entre los flóculos y con ello aumentar su peso, considerando que la mezcla debe ser lenta ya que de lo contrario los flóculos podrían romperse y de esta manera evitar la sedimentación. (34)

✓ Parámetros de la Floculación

Los parámetros que caracterizan a la floculación son los siguientes:

- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Número de colisiones (choque entre microflóculos).
- Tiempo de sedimentación (tiempo que demoran los flóculos en sedimentar).
- Densidad y tamaño de floc.
- Volumen de lodos.

2.2.1.4. Estado del arte:

En el estudio realizado por Quispe H, se evaluó la eficiencia del mucilago extraído del nopal (*Opuntia ficus-indica*) como agente clarificante, para lo cual utilizo el mucilago fresco y seco, el mucilago fresco fue obtenido a través de una maceración y filtración, para el mucilago seco se empleó los procesos de molienda, escaldado y filtración. Los ensayos fueron realizados a escala laboratorio, obteniendo como resultado que el mucilago fresco remueve la turbidez entre un 95,39% y 92,36% al tratar turbiedades iniciales altas, mientras que el uso del mucilago seco genero remoción, pero menos eficiente. (11)

2.2.1.4.1. Obtención del mucilago fresco de nopal

El proceso llevado a cabo en el estudio fue el siguiente (11):

- ✓ Limpieza y lavado de las pencas de nopal.
- ✓ Extracción de espinas.
- ✓ Pelado de la cascara.
- ✓ Pesado de la pulpa.
- ✓ Corte en trozos de 1 cm aproximadamente.
- ✓ Vertido de 300 ml de agua destilada junto a los trozos de la pulpa de nopal.
- ✓ Maceración.
- ✓ Filtración del mucilago.

a) Proceso de Maceración

Consiste en colocar un elemento sólido junto al líquido a temperatura ambiente manteniéndolo en reposo durante 12 a 24 horas. A veces si el sólido es más triturado facilita la extracción, motivo por el cual se procedió a licuar la penca de nopal con agua destilada en una relación de 1:3 respectivamente. Pasado el tiempo de 18 horas se procedió a filtrar. (11)

b) Proceso de Filtración

En este proceso se busca la separación de la fase líquida con las partículas suspendidas usando un medio poroso. Para la extracción del mucilago de nopal se utilizó una tela tipo saquillo. (11)

2.2.1.4.2. Valores de agitación

Una vez obtenido el mucilago se utilizó directamente separando diferentes dosis para la prueba de jarras.

PARÁMETRO	VELOCIDAD	TIEMPO
AGITACIÓN RÁPIDA	100 rpm	1 min
AGITACIÓN LENTA	40 rpm	20 min
DECANTACIÓN		20 min

Figura 3. Valores fijados en la agitación múltiple.

Fuente: Quispe H. Valores Fijado en el agitador múltiple (11).

2.2.1.4.3. Características del mucilago fresco

- ✓ Color: verde pálido
- ✓ Textura: viscosa
- ✓ Olor: característico del nopal
- ✓ pH: 4,3

Este mucilago fresco se descompone en 6 días, pero se puede preservar por casi un mes agregándole sorbato de potasio (conservante de alimentos) y en refrigeración a 4 -5 °C. (11)

2.2.1.5. Procesos que involucran la generación de las aguas residuales de la Avícola La Chacra

En la investigación el agua residual estudiada, es el efluente de la Avícola "La Chacra", de la provincia de Huancayo.

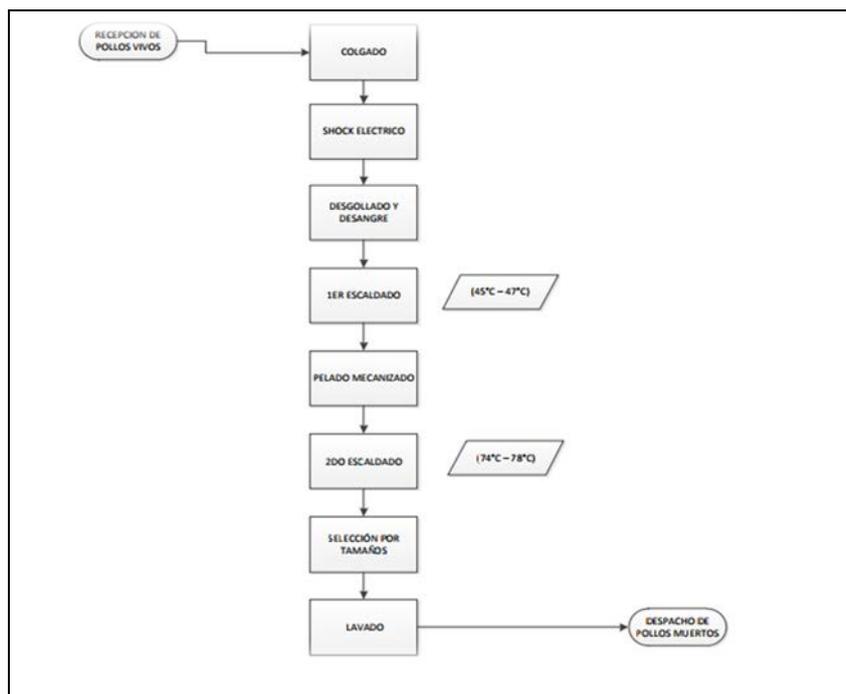


Figura 4. Proceso de sacrificio de Pollo de la Avícola La Chacra.

Fuente: Elaboración Propia obteniendo información de la Avícola “La Chacra”.

Tabla 02. Proceso de sacrificio de Pollo en la Avícola La Chacra

Actividad	Descripción
Recepción	Es la etapa de recibir, pesar y disponer el animal de corral, siendo ubicados en las líneas de beneficio dando inicio al mismo proceso. Es aquí que debe evitar la mala manipulación del animal de corral y así no afligir la calidad de las siguientes etapas.
Inspección	Se examina una a una todas las aves para descartar enfermedades.
Colgado e Insensibilización	Etapa en la cual el ave es sedada comprimiendo maltratos por resistencia favoreciendo a un buen sangrado, por lo general por medio de shock eléctrico.
Sangría	Es esta etapa donde se hace la incisión de la vena yugular y arteria carótida izquierda ayudando al sangrado aligero que es importante en la preservación del ave.
Desplume o Escaldado	Es la etapa donde se busca abrir los conductos de la piel, al zambullir el ave

	en calderas con agua caliente por un lapso fijo que admite desplumado en la siguiente etapa. El lapso y temperatura es influenciado de la rapidez del proceso. La temperatura usada en la avícola La Chacra esta entre (45 - 47 °C).
Desplumado Mecanizado	Se busca desprender todas las plumas del ave. Considerando la dimensión de las aves es provechoso graduar la abertura de la desplumadora garantizando el desplumado completo y evadir rasgaduras que maltraten la calidad de la carne en las aves.
Desplume o Escaldado	Nuevamente se sumerge el pollo a agua previamente calentada (74 - 78 °C), es introducida el ave para removerle las plumas que quedaron.
Desplumado Manual	La finalidad de esta etapa es eliminar las plumas que no se lograron extraer con la maquina desplumadora.
Enfriamiento y Lavado	Las aves una vez peladas pasan a la tina de enfriamiento y lavado para que puedan ser distribuidas a los puntos de venta.

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo a la información proporcionada de la Avícola La Chacra.

2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

2.2.2.1. Caracterización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Esta planta se distribuye por toda América y sus países, siendo el País de México con mayor abundancia de esta planta. Hoy en día, esta planta es oriunda de diferentes contextos, en franjas estériles al nivel del mar hasta altitudes como los Andes del Perú.

2.2.2.1.1. Clasificación botánica de la Tuna

El nombre científico le fue asignado por Tourneforten en 1700, por su semejanza con una planta espinosa que crecía en el poblado de Opus en Grecia (Saravia-Tasayco; Velásquez, citado por Quispe H., (11)

De la familia del *Opuntia* se encuentran entre 10 ó 12 especies usadas por el individuo, como cultivos y silvestres, según el siguiente esquema (Barrientos, citado por Quispe H: (11)

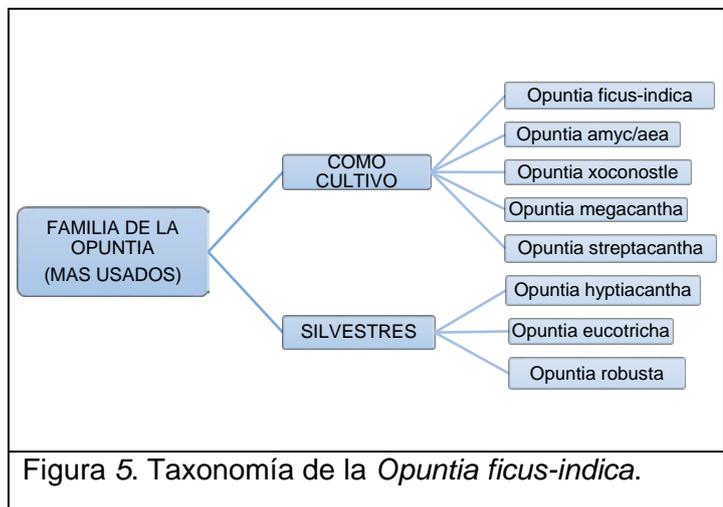


Figura 5. Taxonomía de la *Opuntia ficus-indica*.

Fuente: (Barrientos, citado por Quispe H. (11).

Además, indica que, de las especies mencionadas, la más usada en cultivos internacionalmente es la *Opuntia ficus-indica*.

2.2.2.1.2. Usos de la tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Al respecto Quispe H, señala que actualmente, la planta de la tuna tiene una gran infinidad de usos, como:

- Planta medicinal: Demostrado que los nopalitos y los cascarones de la tuna en su variedad xoconostle, reducen las elevaciones de azúcar y colesterol en el plasma sanguíneo, consumiéndose mayormente en la ciudad de México.
- Materia prima en bebidas alcohólicas, utilizando generalmente el fruto de la *Opuntia ficus-indica* para producir bebidas con grado de alcohol, como el aguardiente.
- Materia prima en cosméticos, como champú, acondicionadores, jabones, cremas, lociones, mascarillas, geles, etc.
- Preservación del suelo, como protector del suelo en su erosión.
- Industrias agrícolas de alimento animal, produciendo complementos de pencas utilizando los remanentes de la industria que procesa la tuna.
- Farmacéutica, utilizado como preventivos para problemas gástricos.
- Sustancia para la manufactura de grana cochinilla, donde este insecto provee el carmín (tinta roja usado en la industria) reemplazando el uso de tintes artificiales, es así que en el Perú se siembra aproximadamente 70 000 hectáreas con este objetivo. (11)

2.2.2.1.3. Análisis fotoquímico de la *Opuntia ficus indica*

Parámetro	Valor	Valor Otros estudios	Referencia
pH	4,42	4,25	(Rodríguez-García et al., 2007)
Humedad (%)	90,23	90,83	(Almendárez, 2004)
		94	(Vásquez, 1994)
Calcio (%)	0,27	1,35	(Rodríguez-García et al., 2007)
		2,71	(Vásquez, 1994)
Hierro (ppm)	32,55	12,35	(Rodríguez-García et al., 2007)
		42,67	
Flavonoides (mg/g)	10,16	5,23	(Vásquez, 1994)
Saponinas (mg/g)	0,70	0,56	

Figura 6 Caracterización de la *Opuntia ficus-indica*.

Fuente: Angel Villabona Ortiz y otros (41).

En cuanto a la caracterización de la *Opuntia ficus-indica* realizado por (41) mencionan que los resultados mostraron que la penca contiene alto porcentaje de humedad y pequeñas proporciones de saponinas, flavonoides, sales minerales de calcio y hierro; por lo cual se concluyó que los metabolitos y sales no son los responsables del poder coagulante debido a las cantidades poco significativas en las que se encuentran.

Sin embargo, Ángel V. también manifiesta que el alto contenido de carbohidratos favorece a la coagulación ya que Chun-Yang, Almendárez y Arboleda Valencia les atribuyen el poder coagulante a los compuestos algínicos derivados del almidón presente en la planta. (41).

Asimismo, Chun-Yang Y. señala que, para el cactus, la propiedad de coagulante se le adjudica al ácido poligalacturónico, y concluye que la mayoría de coagulantes naturales funcionan mediante un mecanismo de adsorción seguido por la neutralización de carga. (42)

2.2.2.1.4. Composición del mucílago de la tuna

Según Quispe H, (11) el mucílago de las pencas de *Opuntia ficus-indica* está compuesto por:

- 24,6-42,0% de arabinosa
- 21-40,1% de galactosa
- 8,0-12,7% de ácido galacturónico
- 7,0-13,1% de ramnosa
- 22,0-22,2% de xilosa (11)

2.2.2.2. Aplicación con la prueba de Jarra

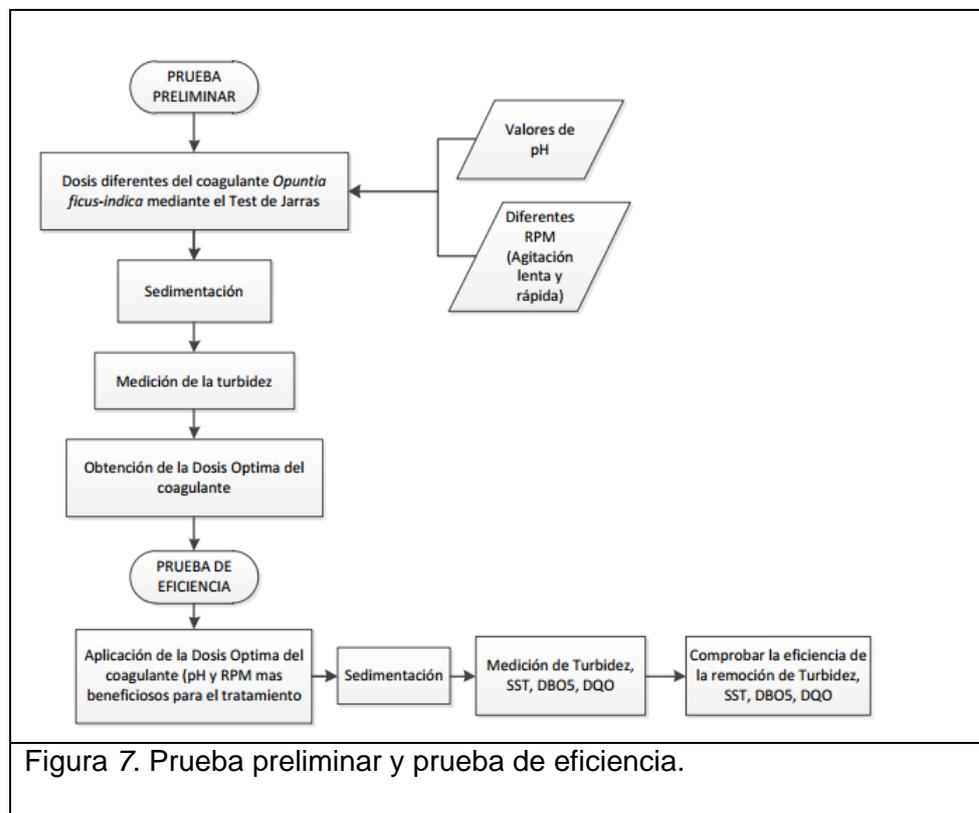
La prueba de Jarras o Jar-test es la técnica más usada para determinar dosis óptimas de un coagulante para procesos de su tratamiento en el laboratorio, se realiza en varios frascos con un volumen que puede variar entre 1 y 3 litros de agua, a los cuales se agregan diferentes dosis de coagulante, mientras se agita rápidamente durante un tiempo corto y luego se procede a una agitación suave (43).

2.2.2.2.1. Equipo: TEST DE JARRAS

- ✓ Rango seleccionable
 - Rango Bajo: 0 – 40 rpm
 - Rango alto: 0 – 300 rpm
- ✓ Requerimientos
 - Volt: 120
 - Amp.: 0.65
 - Hz: 50 – 60
- ✓ Instructivo

- Verificar las jarras y las paletas estén centradas y limpias.
- Conectar y encender el equipo.
- Encender las lámparas.
- Programar agitación de acuerdo al requerimiento (agitación rápida 100 – 300 RPM) y (agitación lenta de 20 – 40 RPM).
- Levantar las paletas para el proceso de sedimentación.
- Observar y apuntar las conclusiones de la prueba.
- Apagar sistemas de controles.
- Apagar la lámpara de la base.
- Desconectar el equipo.
- Limpiar las jarras y las paletas.

2.2.3. Modelo teórico de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

2.3. Definición de términos

- Aguas Residuales

Al respecto Canedo G. citado por Quispe H menciona que “Las aguas residuales son líquidos que han sido utilizados en las diferentes actividades (...), como domésticas, comerciales, industriales, alterando sus características iniciales”. (11)

- Coagulación

Restrepo H. citado por Quispe H menciona que se conoce como un proceso de desestabilización eléctrica de algunas partículas por medio de la aplicación de sustancias químicas (coagulantes), Esta operación se lleva cabo en recipientes de mezcla rápida, en el que el agua es sometida con agitaciones fuertes, para tener como producto soluciones homogéneas de los coagulantes con agua en un menor tiempo. (11)

- Coagulante

Son sustancias que al ser añadidas al agua favorecen a la unión de los coloides para su posterior sedimentación. (35)

- Coagulante Natural

Son una fuente alternativa con gran potencial aún no explotado suficientemente; se producen de manera espontánea, debido a reacciones bioquímicas que ocurren en animales y en plantas. Por lo general, presentan una mínima o nula toxicidad y, en muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua. (44)

- Efluente

Fluido procedente de una instalación industrial. El término proviene del verbo efluir, que alude al escape al exterior. (25)

- Efluente de Beneficio

Los residuos líquidos producidos en un centro de beneficio o matadero son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas, proteínas. La generación de vertidos de aguas residuales tiene una carga orgánica, DBO y de nutrientes media-alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión. (45)

- Floculante

Los floculantes son polímeros o polielectrolitos de pesos moleculares grandes, moléculas orgánicas de solubilidad al agua formadas por bloques denominados monómeros, reiterados en cadenas larga. (35)

- Muestra Simple

Conocida también como discreta, Consiste en la toma de una muestra de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. (46)

- Muestra Compuesta

Se recolectan varias muestras simples durante un periodo determinado de acuerdo a proporciones concretas para luego ser mezcladas y formar una muestra homogénea. El volumen dependerá de los intervalos de muestreo y del volumen de cada muestra simple. (46)

- Remoción

Acción de remover o removerse

- Sólidos Suspendidos Totales

Hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. (47)

- Turbidez

Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a presencia de partículas en suspensión. (28)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

3.1.1.1. Método General

El método general en esta investigación fue el método científico (48), del cual Oseda, y otros (p. 79) refieren que este método “ (...) es una de las partes de las ciencias de la conducta cuyo propósito es comprender, explicar, predecir la práctica social, dentro de una realidad social compleja, multivariada (...) que nos guiará a escoger las metodologías, perspectivas científicas correctas” (49). Asimismo la deducción, la cual “parte de un marco general de referencia y se va hacia un caso en particular, en la deducción se comparan las características de un caso objeto con la definición que se ha acordado (50)” (p, 81), tal como se evidencia a lo largo de la investigación en sentido del manejo apropiado de las variables.

3.1.1.2. Métodos Específico

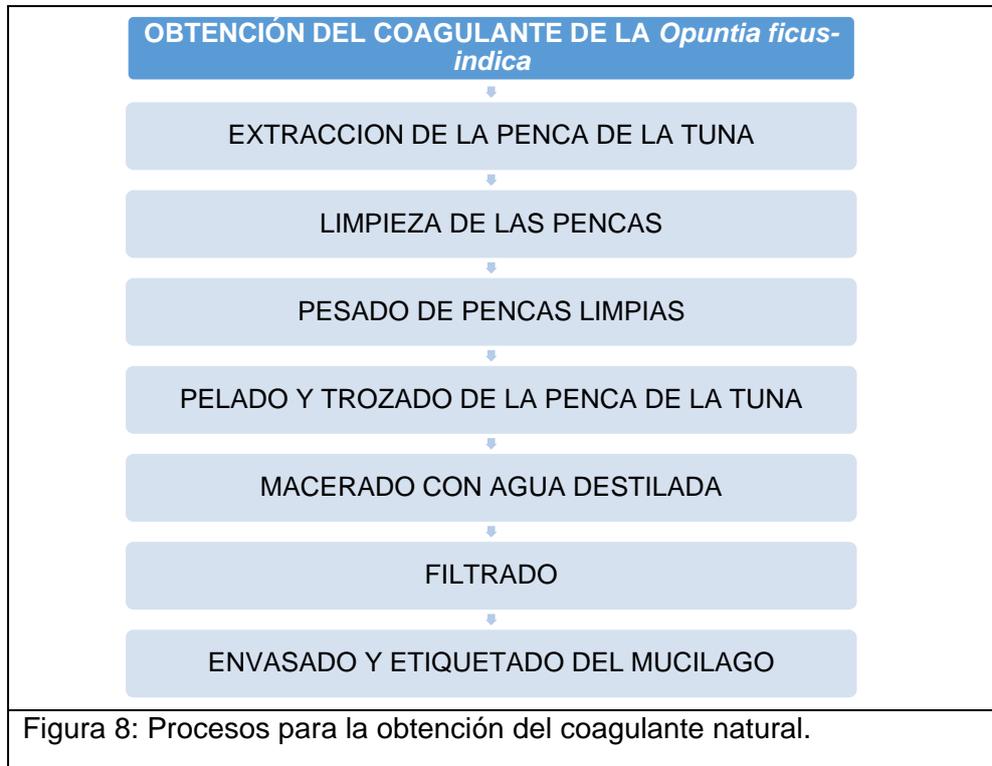
El método específico a aplicar fue el observacional y experimental (48), J. Arroyo menciona que la observación es la acción de mirar detenidamente un objeto o cosa, asimismo en las ciencias naturales la observación se puede limitar al laboratorio, es decir a la experimentación, lo cual complementa al método propiamente experimental detallado también en el diseño metodológico de la presente, es decir la modificación de la esencia de una variable a nivel de laboratorio correspondió al logro de resultados representativos que engloban al tratamiento de las aguas residuales generadas en una actividad de beneficio (50). Para demostrar dicho escenario experimental se presenta su propia validación a continuación:

Validación de la Metodología

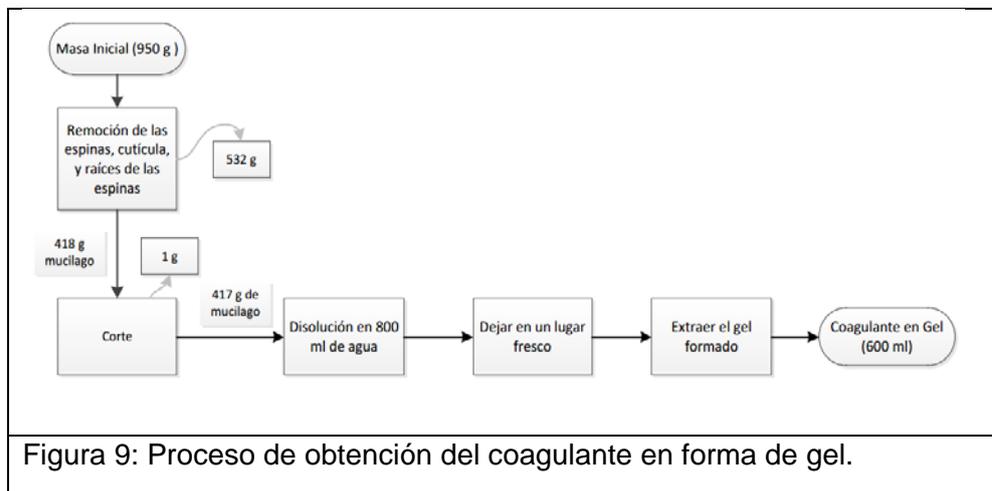
Para la obtención del coagulante de la *Opuntia ficus-indica*, se siguieron los procesos indicados en la figura 8 los cuales fueron aplicados de acuerdo a la referencia del método empleado por Quispe H (11).

En cuanto a las pruebas o tratamientos realizados en el laboratorio se aplicaron en dos fases, la primera llamada prueba preliminar, y la segunda prueba de eficiencia, en ambos casos se realizaron repeticiones al igual que en el estudio realizado por Quispe H. (11). La finalidad de dividir las pruebas de laboratorio en dos fases fue por lo siguiente; en la fase de prueba preliminar se buscó identificar las condiciones necesarias, incluido la determinación de la dosis óptima que conllevaran a obtener resultados representativos en el experimento. Mientras que en la fase de prueba de eficiencia se buscó obtener los resultados de remoción de sólidos suspendidos totales, turbidez, DBO₅ y DQO a partir del tratamiento aplicado.

3.1.2. Obtención del coagulante natural *Opuntia ficus indica*



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración Propia, en función de lo propuesto por Quispe H. (11).

Los procesos mencionados en la figura 8 se detallan a continuación:

1. Extracción de la Penca de la tuna.

Para la obtención de la penca de tuna, se extrajo el mismo de plantaciones de tuna del Valle del Mantaro, tomados del distrito de El Tambo.



Figura 10: Pencas de la *Opuntia ficus-indica*.

Fuente: Fotografía tomada el 17 de setiembre de 2017.

2. Limpieza de las pencas.

En este proceso se realizó la limpieza de las pencas de la tuna, utilizando instrumento doméstico (cuchillo - cuchara), para la extracción de las espinas.



Figura 11: Limpieza de las pencas.

Fuente: Fotografía tomada el 22 de setiembre de 2017.

3. Pesado de Pencas Limpias.

Se realizó el pasado de las pencas limpias, con el uso de una balanza calibrada.



Figura 12: Pesado de las pencas de la Tuna.

Fuente: Fotografía tomada el 22 de setiembre de 2017.

4. Pelado y trozado de la penca de la tuna.

Luego de obtener el peso, se pelaron y trozaron las pencas de tuna, en pequeños trozos con el uso de cuchillos.



Figura 13. Pelado de la penca de Tuna.

Fuente: Fotografía tomada el 22 de setiembre de 2017.

5. Mucilago de la tuna.

Los trozos de penca fueron depositados en un jarrón agregando agua en proporción de 1:2, luego con una varilla se movió la mezcla hasta lograr un gel, para luego dejar macerar y reposar por 16 horas.



Figuras 14 y 15. Trozado y macerado de la *O. ficus-indica*.

Fuente: Fotografía tomada el 22 de setiembre de 2017.

6. Envasado y etiquetado del mucilago.

El gel obtenido se filtró para ser envasado y etiquetado para el uso en la prueba de tratamiento.



Figuras 16 y 17. Envasado y etiquetado del coagulante.

Fuente: Fotografía tomada el 22 de setiembre de 2017.

3.1.3. Obtención de las muestras

Para la obtención de la muestra detallada en el presente capítulo, se siguieron 6 pasos según la siguiente figura:

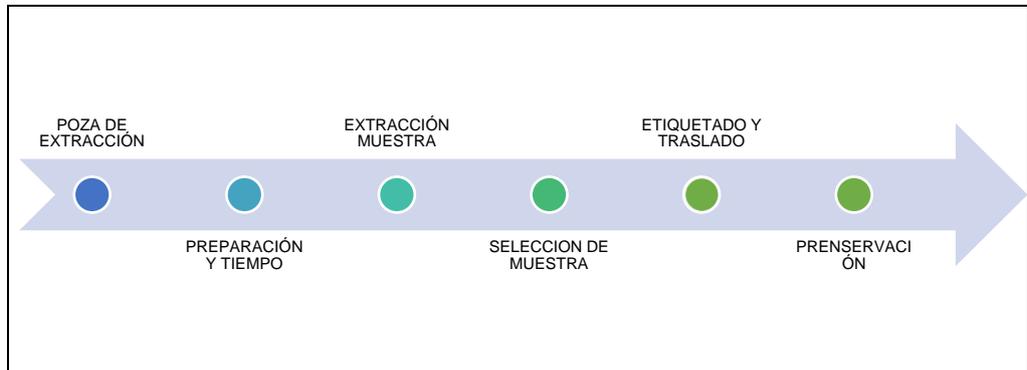


Figura 18. Obtención de la muestra de agua residual.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detalla los pasos de la figura 18:

1. Poza de extracción

En el lugar de trabajo de la avícola “La Chacra”, se escogió el lugar del Pozo N° 1 para la toma de muestras.



Figuras 19. Poza de extracción de la muestra.

Fuente: Fotografía tomada el 25 de setiembre de 2017.

2. Preparación y tiempo

Se preparó un recipiente con una soga para poder extraer las muestras, las cuales fueron obtenidas entre las 12:00 am – 2:00 am durante los días de prueba preliminar, y de 12:00 am – 1:30 am durante las pruebas de eficiencia, debido a que no se evidenció diferencia significativa entre las muestras obtenidas desde la 1:30 – 2:00 am.



Figura 20. Preparación de materiales.

Fuente: Fotografía tomada el 25 de setiembre de 2017.

3. Extracción de muestra

Se extrajo aproximadamente 1.50 litro de muestra cada 30 min, durante 2 horas. Obteniendo una muestra homogénea en un recipiente de 8 Litros. (Prueba preliminar para determinar la dosis óptima).

Para las pruebas de eficiencia se extrajo 1 L de muestra cada 30 minutos. Obteniendo una muestra homogénea de 4 Litros.



Figura 21. Extracción de la muestra.

Fuente: Fotografía tomada el 25 de setiembre de 2017.

4. Selección de muestra

Del recipiente donde se vertió las muestras simples se separó 6 litros de muestra homogénea sacada durante las 2 horas (durante la prueba preliminar), para las pruebas de eficiencia se consideró los 4 litros de muestra obtenida.



Figura 22. Selección de la muestra.

Fuente: Fotografía tomada el 10 de octubre de 2017.

5. Etiquetado y traslado

Se procedió a etiquetar y guardar la muestra para el análisis en laboratorio.



Figuras 23 y 24. Etiquetado y traslado de la muestra.

Fuente: Fotografías tomadas el 29 de setiembre y 25 de octubre de 2017.

6. Preservación de la muestra

La preservación de la muestra se realizó de acuerdo al protocolo de monitoreo (51) pag 12.

3.1.4. Aplicación de la prueba de jarras

En el presente estudio se aplicó la prueba de jarras para la prueba preliminar (determinación de la dosis óptima), así como para la prueba de eficiencia (determinación de la remoción de turbidez, SST, DBO_5 y DQO).

El equipo usado fue el Phipps & Bird JarTester. Los valores máximos y mínimos de velocidad de agitación fueron tomados de acuerdo a algunos antecedentes como la investigación de Olivero R. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucilago del nopal *Opuntia ficus-*

indica donde se empleó (mezcla rápida 100 – 200 RPM durante 25 minutos) (52) , la investigación de Arias y otros Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio usando M. Olifera como coagulante natural donde aplico (mezcla rápida 200 RPM durante 60 segundos, y mezcla lenta de 45 RPM durante 10 minutos), Quispe H. prueba de jarras usando mucilago de nopal fresco (mezcla rápida 100 RPM durante 1 minuto, y mezcla lenta a 40 RPM durante 20 minutos) (11) y lo mencionado por el centro panamericano de ingenierías sanitarias y ciencias ambientales (CEPIS) (mezcla lenta 20 – 40 RPM durante 15 minutos). (12)

- Procedimientos simples para la prueba en jarras

La prueba de jarras se utilizó para determinar las dosis más efectivas de coagulante para el agua residual de la avícola, durante el control de la coagulación y floculación en este tipo de agua.

✓ Procedimiento para la prueba de jarras

- Se colocó la cuba de 2 L debajo de cada una de las paletas de agitación.
- Se colocó en cada vaso 1 L de muestra con una probeta graduada. Y una muestra de control.
- Para lograr un pH alcalino se agregó 0.25 molar del modificador de pH.
- Se midió el coagulante *Opuntia ficus - indica* en cantidades crecientes en vasos sucesivos desde los 20 ml hasta los 80 ml de mucilago. Ejemplo 20 ml/ vaso N° 1, 30 ml/ vaso N° 2, 40 ml/ vaso N° 3.
- Se colocó las paletas de agitación dentro de los vasos, arrancó el agitador y se operó a velocidades de 80 a 300 rpm. Durante 2 min.
- Se redujo la velocidad al grado seleccionado de agitación durante 15 min, a velocidades de 25 - 35 rpm. Para igualar las condiciones de operación en la floculación.

- Se anotó las observaciones resaltantes en cuanto a la remoción de turbidez.
- Después se hizo reposar las cubas para que asiente los flóculos. Se determinó la turbidez y pH del sobrenadante del líquido que está por encima de los flóculos.
- Se filtró el sobrenadante, obteniendo las muestras que luego fueron etiquetadas para llevarlas al laboratorio y determinar la remoción de SST, DBO, DQO.

3.1.5. Tipo de la investigación

Aplicada, que según Oseda y otros (pg. 159) la Investigación Aplicada "(...) También recibe el nombre de práctica o empírica (49). Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren (48) , de igual manera se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica a nivel de laboratorio (...) lo que interesa al investigador, primordialmente son las consecuencias prácticas" (50); en sentido de la investigación, se empleó información conocida y relacionada a la validación metodológica, de modo que se evidencia el requerimiento de aplicar sustentos representativos para obtener resultados ideales.

3.1.6. Nivel de la investigación

Explicativa, al respecto Oseda, y otros señalan que este nivel se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante, el establecimiento de relaciones causa-efecto (49), asimismo Hernández Sampieri menciona que mediante las pruebas de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo del conocimiento (48); si bien en el contexto local se aprecia la falta de información respecto del tratamiento de las aguas residuales con el método utilizado en la presente, se tiende

a asumir que el entorno exploratorio pertenece al entorno explicativo por encontrarse en un nivel menor.

3.2. Diseño de la investigación

Pre experimental, de un solo grupo con una prueba antes y después del experimento:

GE: O₁ X O₂

Donde:

GE = Muestra de Investigación

O₁ y O₂ = Pruebas antes y después del experimento

X = Aplicación del experimento

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Aguas Residuales de la Avícola "La Chacra" de Huancayo.

La elección de esta población se debe a encontrar en ella un aspecto ambiental cuyo vertimiento de este efluente puede perjudicar a otras fuentes de agua y a otros factores ambientales.

3.3.2. Muestra

La muestra será tomada por muestras compuestas según la siguiente frecuencia:

Frecuencia de Muestreo: La frecuencia del monitoreo, que es el número de muestras que se tomarán en el punto de desfogue final de los procesos generales de la Avícola "La Chacra".

Para la aplicación de la toma de muestras establecido para la investigación se tomarán 2 muestras compuestas de 4 litros semanalmente durante 1 mes (4 semanas) 8 muestras de manera aleatoria, para evaluar los parámetros de:

- Turbiedad
- SST
- DBO₅
- DQO

Dentro de esta muestra no están consideradas las muestras para los análisis previos usadas en la fase preliminar.

El número de muestras elegido se ha realizado de manera no probabilística, por conveniencia debido a las características de agua residual, a los recursos necesarios para el desarrollo y debido a que de acuerdo a los protocolos de monitoreo tomados como referencia en el estudio no especifican un número de muestras para este tipo de estudio, ni para el tipo de efluente usado en la presente investigación. Del mismo modo viendo que la producción del agua residual seleccionada para el estudio es homogénea la mayor parte del año y considerando que los datos serán comparados con los valores máximos admisibles para lo cual aún no existe un protocolo de muestreo establecido hasta el momento en el país.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Observación
- Protocolo de muestreo

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de registro de datos
- Cadena de custodia

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizaron los programas Excel y SPSS, en los cuales se introdujeron los datos recolectados, así como los datos obtenidos por el laboratorio de análisis.

El análisis estadístico empleado es la prueba de distribución “t de student” ($n < 30$) como prueba de hipótesis general, mientras que para las hipótesis específicas se ha empleado la prueba “t de student”, así como el ANOVA para determinar si hay diferencias entre los porcentajes de remoción para cada uno de los parámetros, se aplicó una prueba de comparación de medias por el método Post hoc, determinando que parámetros presentan diferencias significativas y así identificar los que confirieron mejores resultados.

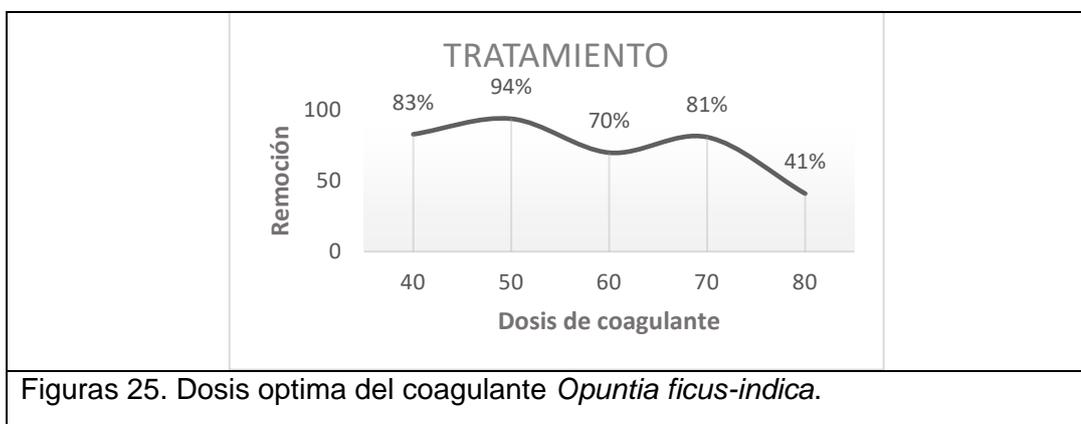
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

En el siguiente apartado se muestran los resultados conseguidos, buscando las mejores condiciones para remover Turbidez, Solidos Suspendidos Totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5); estableciendo la óptima dosis de coagulante y velocidad de agitación (mezcla rápida 100 RPM durante 1 minuto, mezcla lenta 30 RPM durante 15 minutos).

Para el análisis se realizó una prueba preliminar para la obtención de la dosis óptima del coagulante para su aplicación, estos resultados se resumen en la siguiente figura:



Fuente: Informe de análisis de laboratorio.

En la Figura 25 se observa una gráfica de una función polinómica, donde el punto de inflexión o punto máximo es para el eje de las abscisas 50 que corresponde a la dosis de coagulante (50 ml/L) y en el eje de las ordenadas un 94% que corresponde al porcentaje de remoción de turbidez; parámetro que fue usado como base para la obtención de dosis óptima. También podemos observar que con dosis de coagulante (*Opuntia ficus-indica*) mayores a 50 ml/L el porcentaje de remoción disminuye considerablemente; es por ello, que se decidió como dosis óptima 50 ml/L, que fue utilizado para las pruebas de eficiencia en la presente investigación.

4.1.1. Caracterización del Efluente.

Para la caracterización del efluente se consideró como menciona la muestra, 2 tomas por semana. Considerando 4 semanas, haciendo un total de 8 muestras usadas para la experimentación. Se debe indicar que, para el análisis de resultados, se consideró 8 muestras en SST y Turbidez, mientras que para los parámetros de DBO₅ y DQO se utilizaron 4 muestras, tratadas en laboratorio, con el informe del laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú (Anexo 4).

En la siguiente tabla se muestran los resultados iniciales de una muestra de agua residual obtenidas de la Avícola “La Chacra”.

Tabla 03. Caracterización del agua de la Avícola La Chacra.

	Turbidez	SST	Demanda Bioquímica del Oxígeno (5)	Demanda Química del Oxígeno
Media	311,88	540,30	1997,50	2947,50
Mediana	321,00	546,50	1977,00	2923,50

Fuente: Informe de análisis de laboratorio.

En la Tabla 03. Podemos observar que el promedio de las pruebas de control, en el caso de los Sólidos Suspendidos Totales ($\bar{X} = 540,30 > 500 \text{ mg/L}$) es mayor a los Valores Máximos Admisibles (VMA) indicado por el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA en la siguiente tabla:

Tabla 04. Valores Máximos Admisibles (VMA).

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas del sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda Química del Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas (A.G.)	mg/L	A.G.	100

Fuente: D.S. N° 021-2009-Vivienda.

Así mismo el promedio en la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO₅ = 1997,50) se observa también un valor mayor a lo establecido en la Tabla 04, observando lo mismo para el parámetro Demanda Química del Oxígeno (DQO = 2947,50). Estos resultados permiten afirmar que el efluente de la Avícola “La Chacra”, descargado a la red de alcantarillado sanitario es excedido en los VMA y por tanto “causan daño inmediatos o progresivos (...) teniendo influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales” (6).

4.1.2. Características de cada parámetro en la Prueba de Control

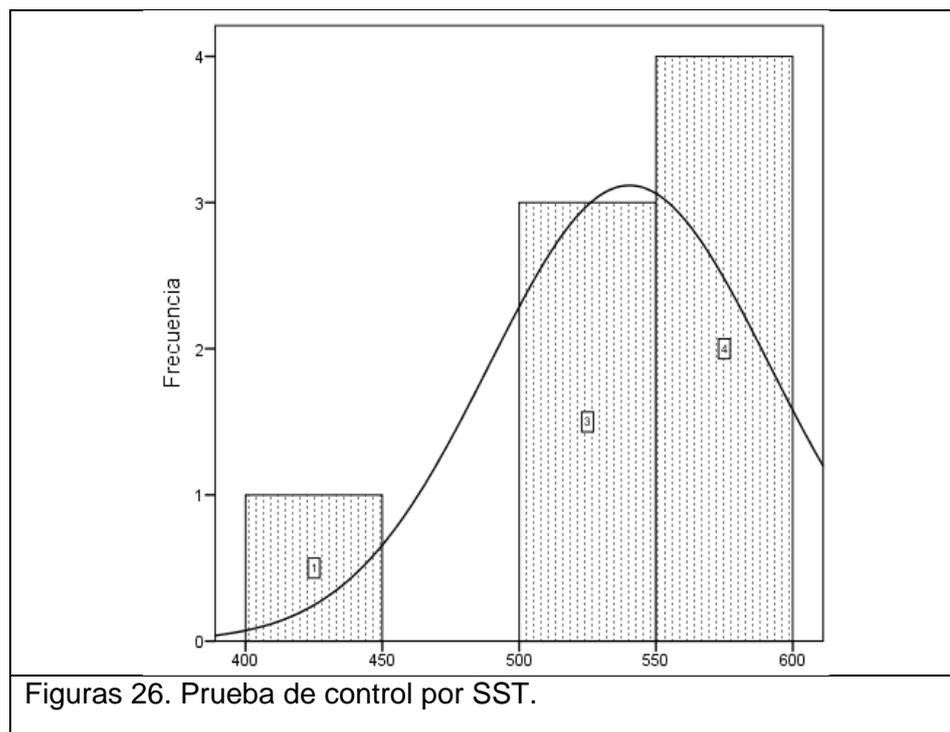
Los resultados de laboratorio en la prueba de Control se presentan considerando los Valores Máximos Admisibles para los parámetros de SST, DBO₅ y DQO según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Mientras que en el parámetro de turbidez se presenta un análisis de cantidad.

4.1.2.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Tabla 05. Distribución de las pruebas de Control por S.S.T.

SST	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
441	1	12,5	12,5	12,5
501	1	12,5	12,5	25,0
529	1	12,5	12,5	37,5
538	1	12,5	12,5	50,0
555	1	12,5	12,5	62,5
574	1	12,5	12,5	75,0
585	1	12,5	12,5	87,5
599	1	12,5	12,5	100,0
Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.



Fuente: Resultados de la tabla 05.

De la Tabla 05 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L de SST es de 599 y el menor es de 441. Estos resultados representados en la figura 26 representan que la gran parte de la muestra (90%) sobrepasan los Valores Máximos Admisibles. Es así que, agrupando los datos, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 06. Distribución de las pruebas de Control Agrupado S.S.T.

SST	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
500 mg/L a menos	1	12,5	12,5	12,5
501 mg/L a más	7	87,5	87,5	100,0
Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.

En la Tabla 06, se observa que, de las pruebas tomadas, el 87,5% de ellas sobrepasan los Valores Máximos Admisibles admitido de 500 mg/L, en el parámetro de S.S.T., lo que permite afirmar una contaminación de las aguas residuales por el mencionado parámetro.

Primera Hipótesis Específica

La hipótesis formulada es la siguiente:

- El nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo supera los Valores máximos admisibles de sus vertimientos.

i. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

ii. Hipótesis Estadísticas

Ha: El promedio de la prueba de control es mayor a los Valores Máximos Admisibles: $\bar{\mu} > 500$

H0: El promedio de la prueba de control es menor o igual a los Valores Máximos Admisibles: $\bar{\mu} \leq 500$

iii. Prueba estadística

Prueba t de student para una muestra

iv. Regla de Decisión

Si $t_c > t$ se acepta la H0

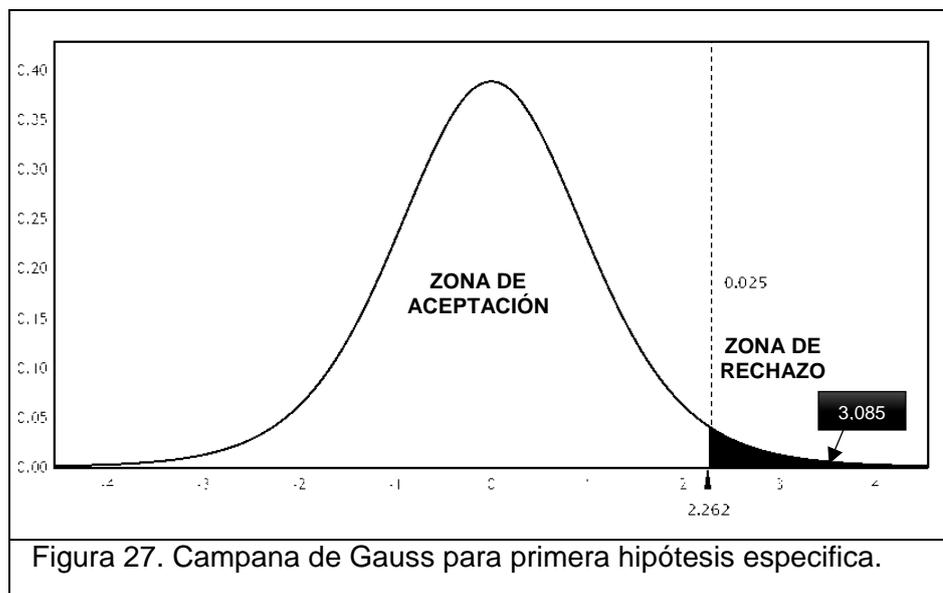
Si $t_c \leq t$ se rechaza la H0

Tabla 07. Prueba de Hipótesis para la Primera Hipótesis específica

Valor de prueba = 500						
t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Prueba de control SST	3,085	9	,013	45,7400	12,196	79,284

Fuente: Resultados de laboratorio.

v. Representación gráfica



Fuente: Elaboración propia.

vi. Conclusión

Se tuvo en el entorno de validación de la aplicación del coagulante natural que el valor estadístico de prueba determinado fue mayor al valor crítico de prueba propuesto por TRIOLA (53), mostrado en las tablas anteriores, es decir, se tiene un escenario de validación del rechazo de la hipótesis nula ($2.263 < 3.085$): H_0 : el valor alcanzado respecto del VMA valores máximos admisibles es menor al aplicar el tratamiento en base a un coagulante natural. El entorno de la validez del tratamiento estadístico de los resultados mostrados, asume una significancia ideal respecto del empleo de un nivel de confianza alto propuesto por los autores citados en la metodología (95% de nivel de confianza) lo que evidencia un alcance de resultados representativos de la investigación.

4.1.2.2. Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)

Tabla 08. Distribución de las pruebas de Control por DBO₅.

DBO₅	Frecuencia	Porcentaje
1720,0	1	25,0
1904,0	1	25,0
2050,0	1	25,0
2315,0	1	25,0
Total	4	100,0

Fuente: Resultados de laboratorio.

De la Tabla 08 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L del DBO₅ es de 2315 mg/L y el menor es de 1720 mg/L. Estos resultados representados representan que el 100% de los valores sobrepasan los Valores Máximos Admisibles de 500 mg/L según la Tabla 04. Es así que, agrupando los datos, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 09. Distribución de las pruebas de Control Agrupado DBO₅.

DBO₅	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
501 a más	4	100,0	100,0	100,0

Fuente: Resultados de laboratorio.

En la Tabla 09, se observa que, de las pruebas tomadas, el 100% de ellas sobrepasan los Valores Máximos Admisibles admitido de 500 mg/L, en el parámetro de DBO₅, lo que permite afirmar una contaminación de las aguas residuales por el mencionado parámetro.

4.1.2.3. Demanda Química del Oxígeno.

Tabla 10. Distribución de las pruebas de Control por DQO.

DQO	Frecuencia	Porcentaje
2614,0	1	25,0
2842,0	1	25,0
3005,5	1	25,0
3329,0	1	25,0
Total	4	100,0

Fuente: Resultados de laboratorio.

De la Tabla 10 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L del DQO es de 3329 mg/L y el menor es de 2614 mg/L. Estos resultados representan que los valores sobrepasan los valores máximos admisibles de 1000 mg/L según la Tabla 4. Es así que, agrupando los datos, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 11. Distribución de las pruebas de Control Agrupado DQO.

DQO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
De 1001 a más	4	100,0	100,0	100,0

Fuente: Resultados de laboratorio.

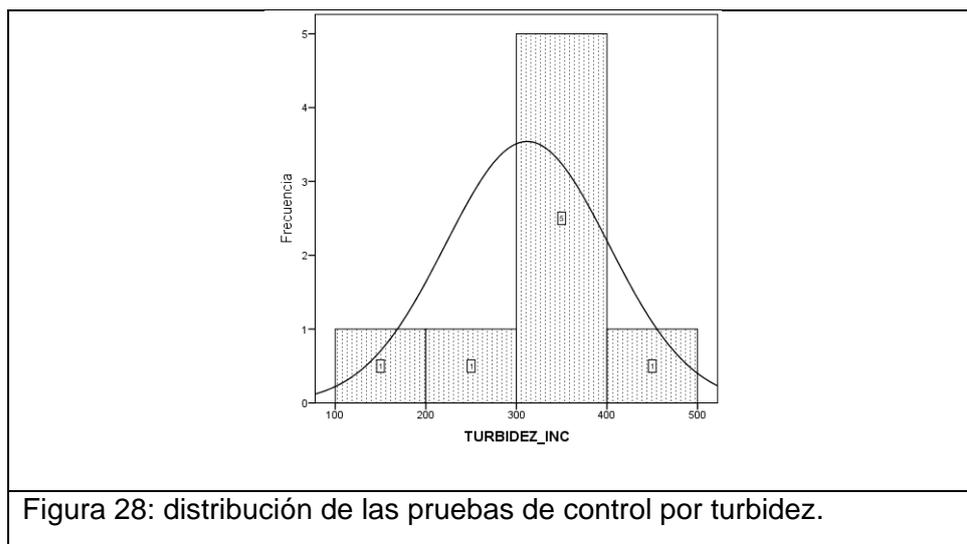
En la Tabla 11, se observa que, de las pruebas tomadas, el 100% de ellas sobrepasan los valores máximos admisibles admitido de 1000 mg/L, en el parámetro de DQO., lo que permite afirmar una contaminación de las aguas residuales por el mencionado parámetro.

4.1.2.4. Turbidez

Tabla 12. Distribución de las pruebas de Control por Turbidez.

Turbidez	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
119	1	12,5	12,5	12,5
293	1	12,5	12,5	25,0
300	1	12,5	12,5	37,5
314	1	12,5	12,5	50,0
328	1	12,5	12,5	62,5
349	1	12,5	12,5	75,0
355	1	12,5	12,5	87,5
437	1	12,5	12,5	100,0
Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.



Fuente: Resultados de la tabla 12.

De la Tabla 12 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L de la Turbidez es de 437 mg/L y el menor es de 119 mg/L.

4.1.3. Características de cada parámetro en la prueba tratada.

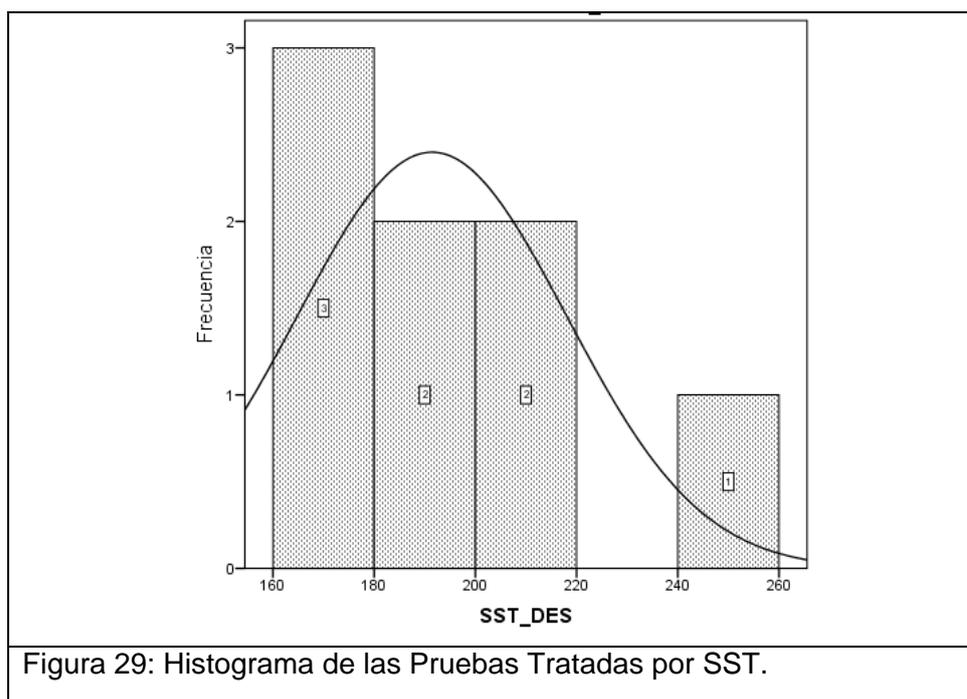
Los resultados de laboratorio en la prueba Tratada se presentan considerando los Valores Máximos Admisibles para los parámetros de SST, DBO5 y DQO según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Mientras que en el parámetro de turbidez se presenta un análisis de cantidad.

4.1.3.1. Sólidos Suspendidos Totales.

Tabla 13. Distribución de las Pruebas Tratada por SST.

SST	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
164	1	12,5	12,5	12,5
167	1	12,5	12,5	25,0
173	1	12,5	12,5	37,5
183	1	12,5	12,5	50,0
184	1	12,5	12,5	62,5
208	1	12,5	12,5	75,0
212	1	12,5	12,5	87,5
241	1	12,5	12,5	100,0
Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.



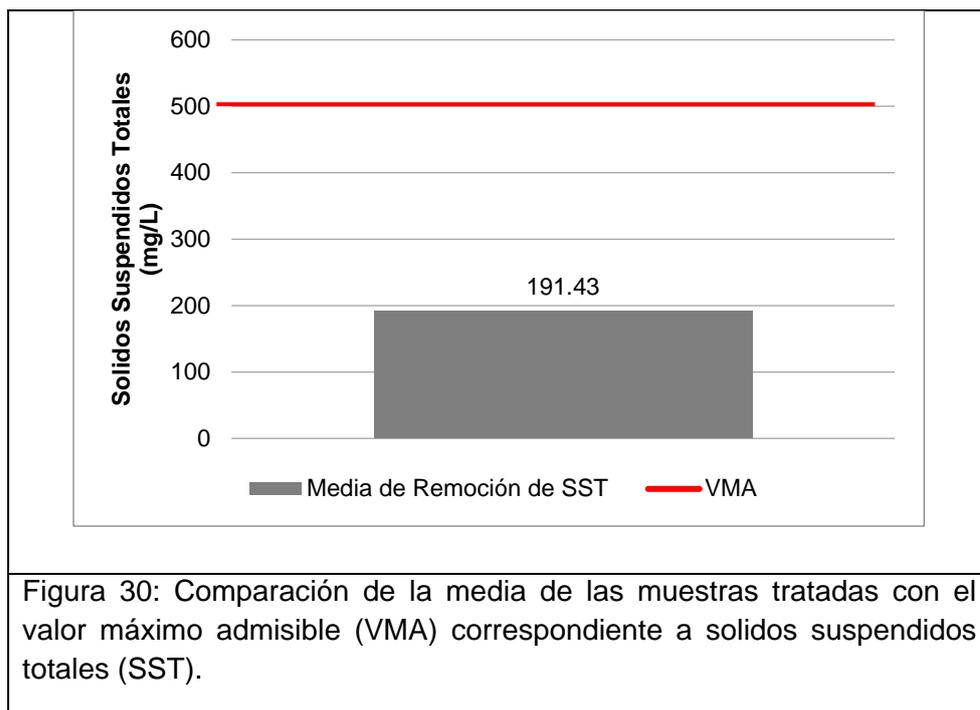
Fuente: Resultados de la tabla 13.

De la Tabla 13 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L de SST es de 241 mg/L y el menor es de 164 mg/L. Estos resultados representados en la figura 29 representan que de la totalidad de muestras el 100% no sobrepasan los Valores Máximos Admisibles; además, se observa que el 60% obtuvo una cantidad menor de 200 mg/L. Lo que permite afirmar que el Tratamiento con la *Opuntia ficus-indica* como coagulante, lograr disminuir la concentración de Sólidos Suspendidos Totales.

Tabla 14. Estadísticos de la Prueba Tratada por SST.

Media	191,43
Desviación estándar	26,605
Asimetría	0,929
Mínimo	164,0
Máximo	241,0

Fuente: Resultados de laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.

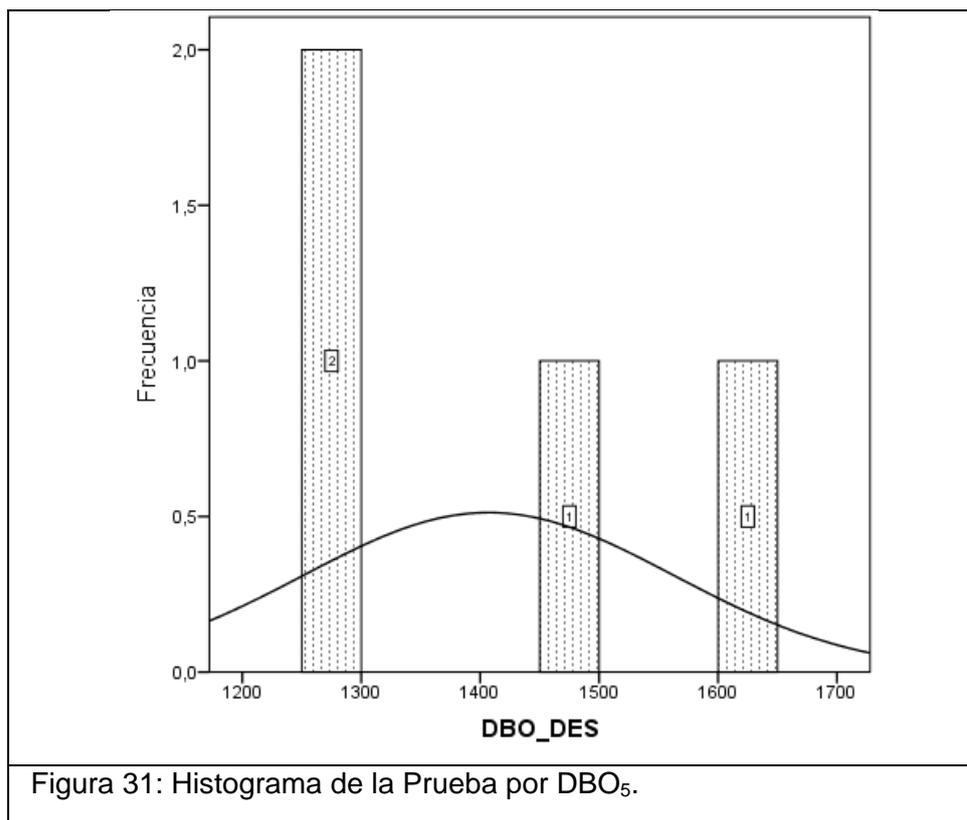
La Tabla 14 y figura 30, permiten indicar que la media ($\bar{X} = 191,43$) de la muestra, es menor a los Valores Máximos Admisibles según lo indica la Tabla 4, con una desviación estándar de $\pm 26,605$, representando que la mayor parte de la muestra tiene concentraciones mínimas de SST después del tratamiento con la *Opuntia ficus-indica* como coagulante.

4.1.3.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Tabla 15. Distribución de las Pruebas Tratada por DBO₅.

DBO ₅	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1278,00	1	25,0	25,0	25,0
1285,00	1	25,0	25,0	50,0
1463,25	1	25,0	25,0	75,0
1602,00	1	25,0	25,0	100,0
Total	4	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.



Fuente: Resultados de la tabla 15.

En la Tabla 15, se observa que, de las pruebas tomadas, el 100% de ellas aun sobrepasan los Valores Máximos Admisibles de 500 mg/L, para el parámetro de DBO₅, estos resultados se observan en la figura 31.

Tabla 16. Estadísticos de la Prueba Tratada por DBO₅.

Media	1407,00
Desviación estándar	155,65
Asimetría	0,641
Mínimo	1278,00
Máximo	1602,00

Fuente: Resultados de laboratorio.

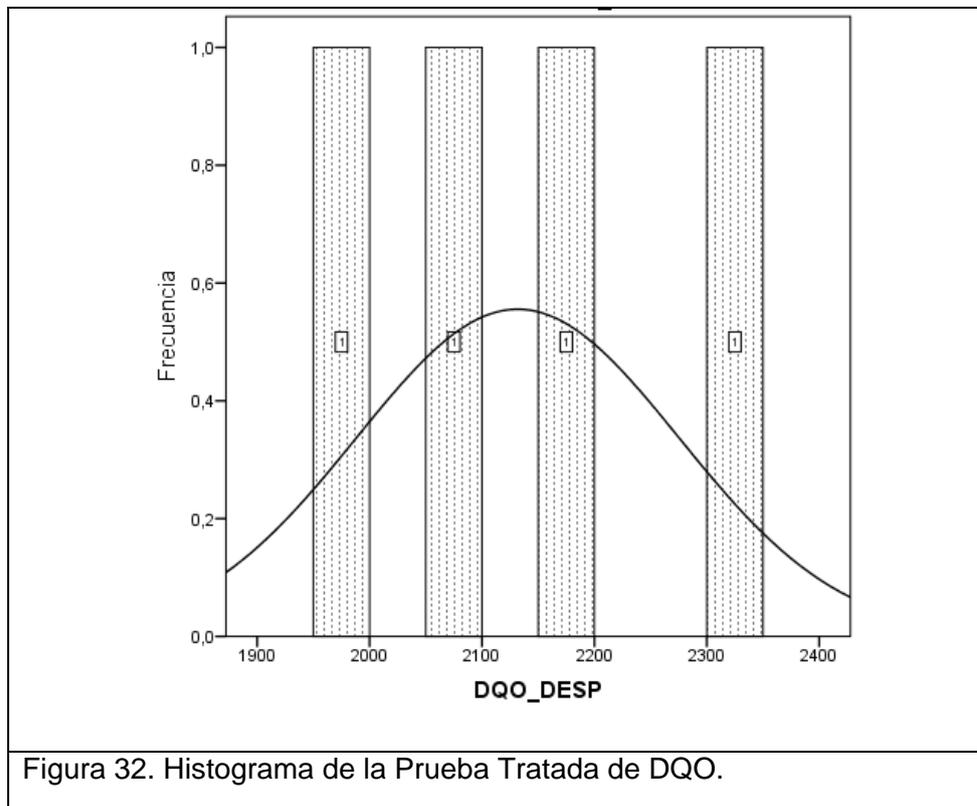
La Tabla 16 permite indicar que la media ($\bar{X} = 1407,00$) de la muestra, es mayor a los Valores Máximos Admisibles según lo indica la Tabla 4, con una desviación estándar de $\pm 155,65$, representando que la mayor parte de la muestra tiene concentraciones aun altas de DBO₅ después del tratamiento con la *Opuntia ficus-indica*.

4.1.3.3. Demanda Química de Oxígeno

Tabla 17. Distribución de las Pruebas Tratada por DQO.

DQO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1983,00	1	25,0	25,0	25,0
2050,00	1	25,0	25,0	50,0
2190,80	1	25,0	25,0	75,0
2304,00	1	25,0	25,0	100,0
Total	4	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.

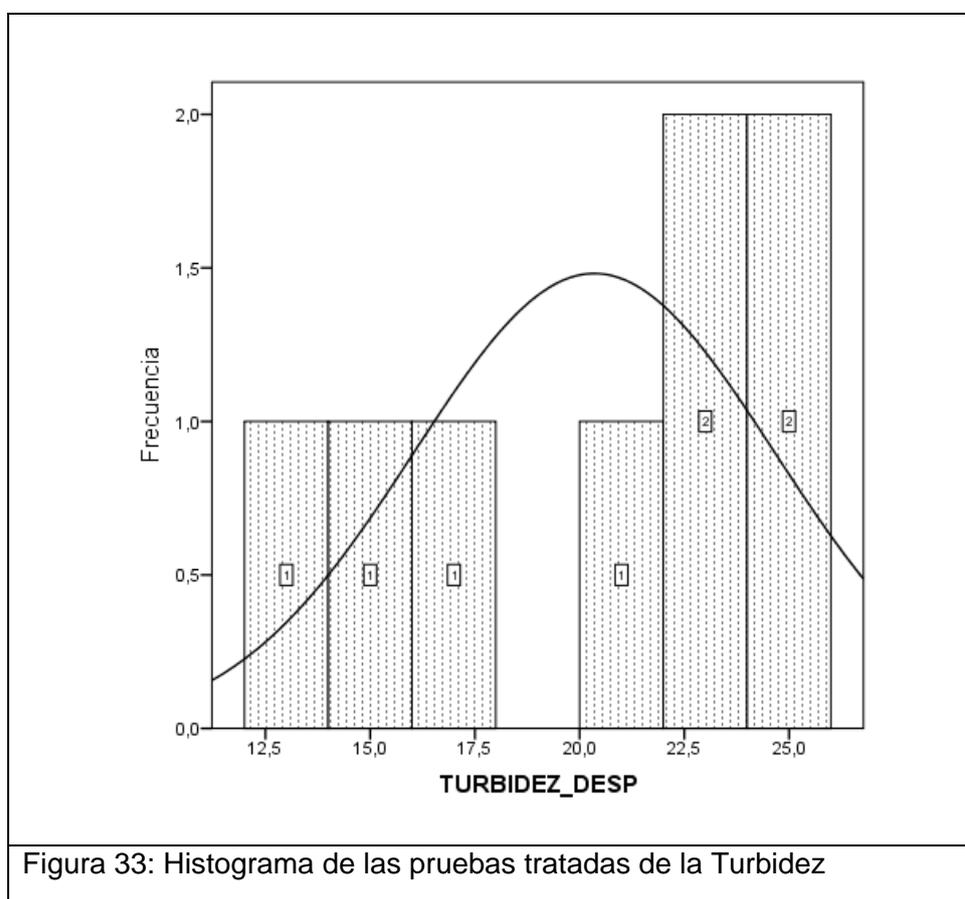
De la Tabla 17 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L del DQO es de 2304 mg/L y el menor es de 1983 mg/L. Estos resultados representados en la figura 32 representan que los valores sobrepasan los Valores Máximos Admisibles de 1000 mg/l según la Tabla 4.

4.1.3.4. Turbidez

Tabla 18. Distribución de las pruebas Tratada por Turbidez.

Turbidez	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
13,8	1	12,5	12,5	12,5
15,1	1	12,5	12,5	25,0
17,5	1	12,5	12,5	37,5
21,5	1	12,5	12,5	50,0
22,2	1	12,5	12,5	62,5
23,5	1	12,5	12,5	75,0
24,1	1	12,5	12,5	87,5
25,1	1	12,5	12,5	100,0
Total	8	100,0	100,0	

Fuente: Resultados de laboratorio.



Fuente: Resultados de la tabla 18

De la Tabla 18 se puede observar que el mayor grado de concentración en mg/L de la Turbidez es de 25,1 mg/L y el menor es de 13,8 mg/L. Estos resultados representados en la figura 33.

4.1.3.5. Análisis comparativo y aporte de los resultados de la prueba de control y tratada.

Tabla 19. Cuadro Comparativo de las medias de la prueba de control y tratada.

PARÁMETRO	ESTADÍGRAFOS	PRUEBA CONTROL	PRUEBA TRATADA
Sólidos Suspendidos Totales	Media Aritmética	540,30	191,43
	Mediana	546,50	183,50
	Moda	441	164
	Desviación Estándar	51,187	26,605
	SST	Máximo	599
	Mínimo	441	164
Demanda Bioquímica del Oxígeno	Media Aritmética	1997,25	1407,00
	Mediana	1977,00	1374,00
	Moda	1720	1278
	Desviación Estándar	251,20	155,656
	DBO₅	Máximo	2315
	Mínimo	1720	1278
Demanda Química del Oxígeno	Media Aritmética	2947,50	2131,75
	Mediana	2923,50	2120,00
	Moda	2614	1983
	Desviación Estándar	300,67	143,661
	DQO	Máximo	3329
	Mínimo	2614	1983
TURBIDEZ	Media Aritmética	311,88	20,35
	Mediana	321,00	21,85
	Moda	119	13,8
	Desviación Estándar	90,124	4,30
		Máximo	437
	Mínimo	119	13,8

Fuente: Resultados de laboratorio.

En esta oportunidad según la tabla 19 sí se puede ver diferencias sustanciales, producto de la aplicación del Coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada. En cuanto a la media aritmética de los Sólidos Suspendido Totales de ambas pruebas (control y tratada) hay una diferencia importante de 348,87; que denota una disminución del 64% promedio de los sólidos en suspendidos totales. Debemos afirmar

que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 191,43$) es menor a los Valores Máximos Admisibles según indica la Tabla 4; así mismo los resultados presentan una desviación estándar de $\pm 26,605$ que señala el siguiente intervalo:

$$164,825 \leq \bar{X} \leq 218,035$$

El intervalo permite reafirmar que el producto de la muestra tratada es adecuado según indican los Valores Máximos Admisibles de las aguas residuales no domésticas. Esas diferencias se observan mejor en la siguiente figura:

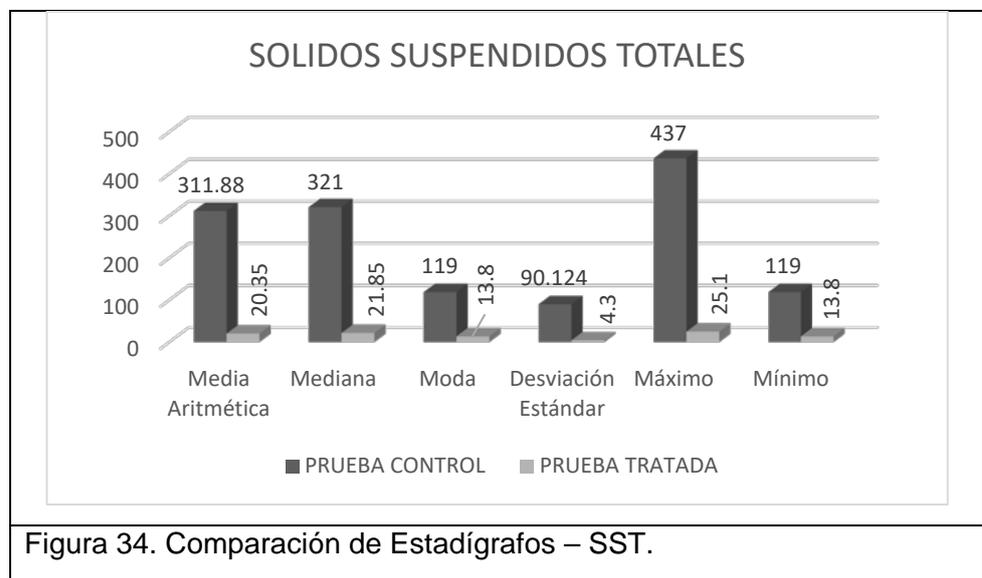


Figura 34. Comparación de Estadígrafos – SST.

Fuente: Resultados de la tabla 19.

En cuanto a las pruebas de la Demanda Bioquímica del Oxígeno DBO_5 se puede ver diferencias sustanciales, significativas, producto de la aplicación del Coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada. En cuanto a la media aritmética de la Demanda Bioquímica del Oxígeno de ambas pruebas (control y tratada) hay una diferencia de 590,25; que denota una disminución del 29% promedio del DBO_5 . Debemos afirmar que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 1407,00$) es aún mayor a los Valores Máximos Admisibles según indica la Tabla 4, pero se nota un disminución aceptable. Estos resultados lo observamos en la siguiente figura:

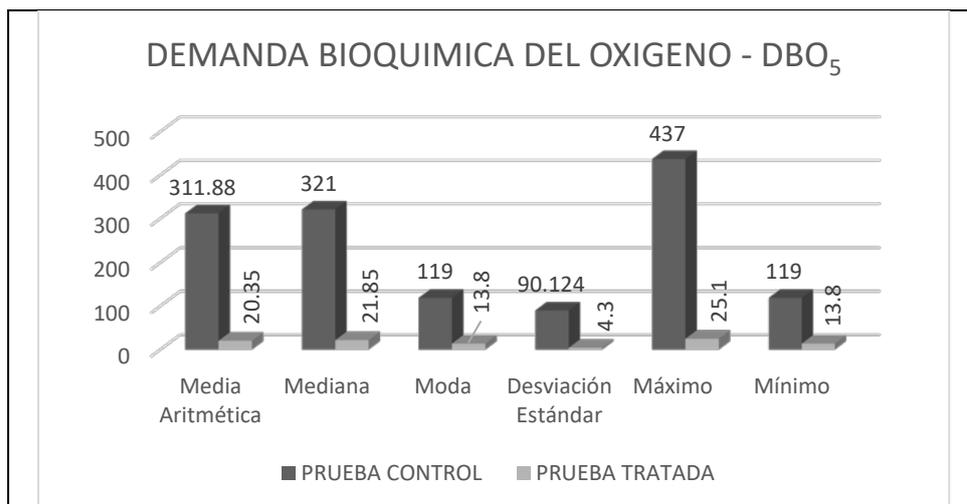


Figura 35: Comparación de Estadígrafos - DBO₅.

Fuente: Resultados de la tabla 19.

Por otro lado, en función al parámetro Demanda Química del Oxígeno DQO también se puede ver diferencias, producto de la aplicación del Coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada. En cuanto a la media aritmética del DQO de ambas pruebas (control y tratada) hay una diferencia importante de 815,75; que denota una disminución del 27,15% promedio del DQO. Debemos afirmar que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 2131,75$) aún supera a los Valores Máximos Admisibles según indica la Tabla 4, pero se nota un disminución aceptable. Estos resultados lo observamos en la siguiente figura:

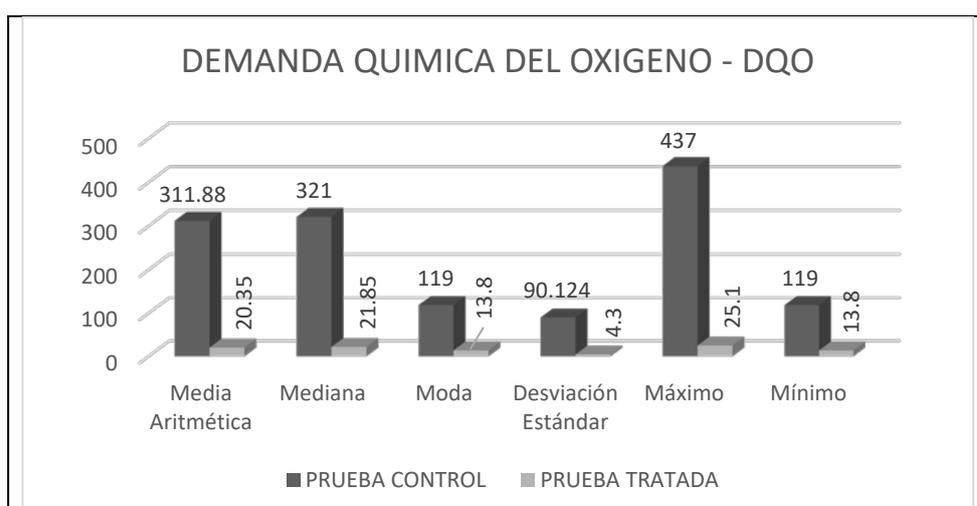


Figura 36. Comparación de Estadígrafos – DQO.

Fuente: Resultados de la tabla 19.

Y en cuanto al parámetro de Turbidez también se puede ver diferencias, producto de la aplicación del Coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada. En cuanto a la media aritmética del DQO de ambas pruebas (control y tratada) hay una diferencia importante de 291,52; que denota una disminución del 91% promedio de Turbidez. Debemos afirmar que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 20,35$) representa una disminución sustancial y significativa; así mismo los resultados tratados presentan una desviación estándar de $\pm 4,3$ que señala el siguiente intervalo:

$$16,05 \leq \bar{X} \leq 24,65$$

El intervalo permite reafirmar que producto del tratamiento ha disminuido la turbidez en las aguas residuales efluente de la Avícola "La Chacra". Esas diferencias se observan mejor en la siguiente figura:

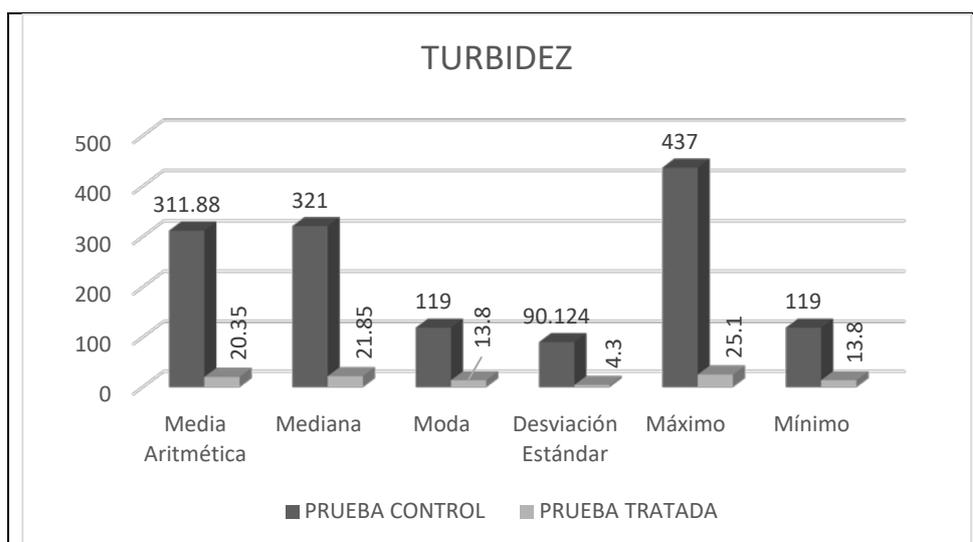


Figura 37. Comparación de Estadígrafos – Turbidez.

Fuente: Resultados de la tabla 19.

En lo que respecta a los puntajes máximos y mínimos, también se visualiza diferencias sustantivas, en donde las pruebas han manifestado mejoras en su tratamiento disminuyendo los Valores Máximos Admisibles que genera contaminación al agua.

Segunda Hipótesis Específica.

La hipótesis formulada es la siguiente:

- o Existe diferencia en el porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales y los parámetros de DBO₅, DQO y Turbidez.

Para esta evaluación se considera los promedios de los parámetros de la siguiente manera:

$$\bar{\mu}_1 = SST \quad \bar{\mu}_2 = DBO_5 \quad \bar{\mu}_3 = DQO \quad \bar{\mu}_4 = Turbidez$$

i. Nivel de Significancia:

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

ii. Hipótesis Estadísticas:

H₁: Por lo menos una media es diferente en los parámetros de SST, DBO₅, DQO y turbidez.

$$\bar{\mu}_1 \neq \bar{\mu}_2 = \bar{\mu}_3 = \bar{\mu}_4$$

H₀: La media de los parámetros SST, DBO₅, DQO y turbidez son iguales

iii. Prueba estadística:

Prueba ANOVA para un factor.

iv. Regla de Decisión.

Si $p > 0,05$ se acepta la H₀

Si $p \leq 0,05$ se rechaza la H₀

Tabla 20. Prueba de Hipótesis para la Tercera Hipótesis específica.

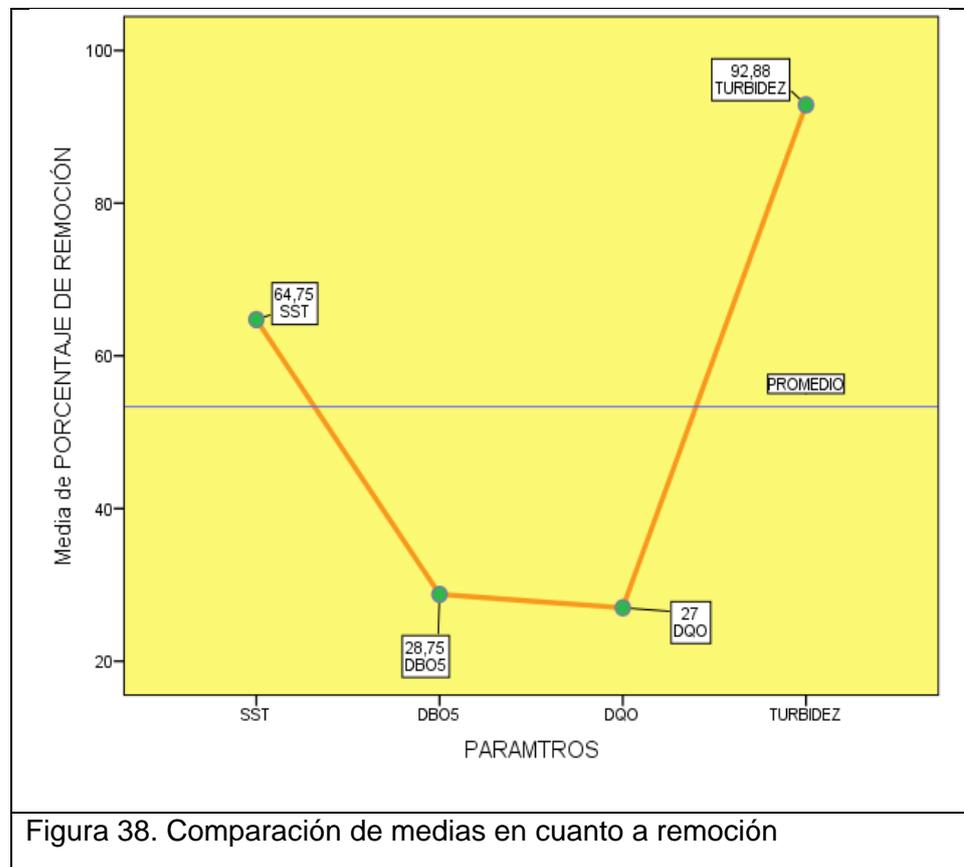
ANOVA – PORCENTAJE DE REMOCIÓN						
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	17008,208	3	5669,403	143,688	,000	
Dentro de grupos	789,125	20	39,456			
Total	17797,333	23				

Fuente: Resultados de laboratorio.

v. Conclusión:

Como el p-valor ($p = 0,000$) es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ se rechaza la hipótesis nula y se toma como verdadera la alterna. Por lo que se concluye que existe suficiente evidencia para probar que por lo menos una media es diferente en los parámetros de SST, DBO5, DQO y turbidez.

De lo mencionado, se denota que hay una diferencia entre los parámetros; pero para conocer cuál de las medias son diferentes se realizó una prueba Post hoc con gráfico de medias, obteniendo el siguiente gráfico.



Fuente: Resultados de laboratorio.

En el gráfico se observa que los parámetros de Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales sobrepasan el promedio de (53,34%) de los parámetros, siendo la Turbidez, el parámetro que resultó con mayor porcentaje promedio de remoción, seguido de los sólidos suspendidos

totales SST con 64.75%. Cuyos valores promedio de porcentaje en la remoción nos indica que el coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica*, reduce la cantidad de los SST.

4.1.4. Prueba de hipótesis.

4.1.4.1. Hipótesis General.

El coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* influye en la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017.

i. Nivel de Significancia.

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

ii. Hipótesis Estadísticas.

H₁: El promedio de SST de la prueba de control es mayor a la media de la prueba tratada.

$$\bar{\mu}_1 > \bar{\mu}_2$$

H₀: El promedio de SST de la prueba control es menor o igual a la media de la prueba tratada.

$$\bar{\mu}_1 \leq \bar{\mu}_2$$

iii. Prueba estadística.

Prueba t de student para muestras emparejadas.

iv. Regla de Decisión.

Si $p > 0,05$ se acepta la H₀

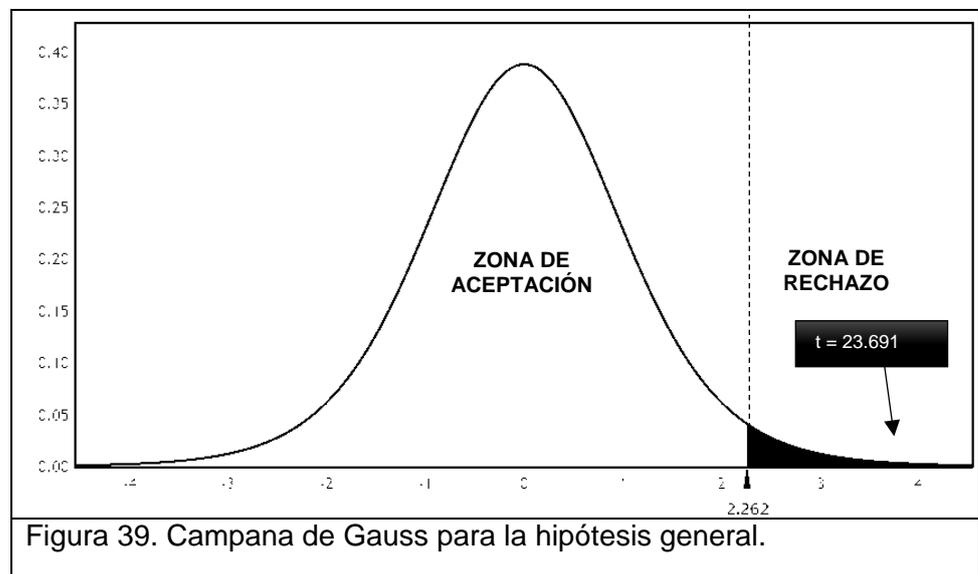
Si $p \leq 0,05$ se rechaza la H₀

Tabla 21. Prueba de Hipótesis para la Segunda Hipótesis específica

	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	gl	Sig. (Unilateral)
Inferior				Superior				
SST antes - SST después	348,7000	46,5453	14,7189	315,4035	381,9965	23,691	9	,000

Fuente: Resultados de laboratorio.

v. Representación Gráfica



Fuente: Elaboración propia.

vi. Conclusión

Se tuvo en el entorno de validación de la aplicación del coagulante natural que el valor estadístico de prueba determinado fue mayor al valor crítico de prueba propuesto por TRIOLA (53) mostrado en los tablas anteriores, es decir, se tiene un escenario de validación del rechazo de la hipótesis nula ($2.262 < 23.691$): H_0 : al aplicar el tratamiento en base a un coagulante natural *Opuntia ficus-indica* muestra su influencia en la remoción alcanzada con respecto a los sólidos suspendidos totales en comparación a la muestra control. El entorno de la validez del tratamiento estadístico de los resultados

mostrados, asume una significancia ideal respecto del empleo de un nivel de confianza alto propuesto por los autores citados en la metodología (95% de nivel de confianza) lo que evidencia un alcance de resultados representativos de la investigación.

4.2. Discusión de resultados.

Conforme se verificó en el análisis de los datos obtenidos a través de la comparación la muestra antes y después de su tratamiento, la muestra antes de aplicar el coagulante de la *Opuntia ficus-indica* para los sólidos suspendido totales, presento un promedio ($\bar{X} = 540,30$) por encima de los Valores Máximos Admisibles, la causa de esa situación se debe a varios factores que se ha mencionado en el fundamento científico, cuyo efluente llega a las redes de alcantarillado, que al unirse con diversos efluentes industriales y domiciliarios hace que su tratamiento sea más complejo, asimismo al no contar en la ciudad de Huancayo con una planta de tratamiento de aguas residuales, estas aguas afectan el medio ambiente como sucede en muchos lugares, así como menciona Quille G. y Donaires T. (16), en su investigación verificaron que el problema ambiental en el rio llave se debe a la descarga efluentes de camales, y profanación por residuos sólidos, conteniendo altos índices de DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, que sobrepasan los límites máximos permisibles.

Luego de aplicar el coagulante del *Opuntia ficus-indica* para la remoción de los sólidos suspendidos totales en la muestra. Se observó que el promedio obtenido ($\bar{X} = 191,43$), tuvo una reducción mucho menor a los Valores Máximos Admisibles, lo que indica una reducción del 65%, por lo que se afirma que la *Opuntia ficus-indica* es eficiente para la remoción de Sólidos Suspendidos Totales. Se observó también que el pH es un factor muy importante para la mejor acción del coagulante natural en este tipo de agua. Tal como lo señalan Arias A. y otros (12), en su estudio titulado "Tratamiento de Aguas Residuales de una central de sacrificio: Uso del polvo de la semilla de la *M. olifera* como coagulante natural" en el cual menciona que en cuanto a pH los mejores resultados se manifestaron en pH $\geq 8,4$ con valores de 70% a 80% de remoción de turbiedad. Del mismo modo Almedares N. (13) en su investigación "Comprobación de la efectividad del coagulante

(Cochifloc) en aguas del lago de Managua” – Nicaragua. El polímero Cochifloc se utilizó como coagulante natural a partir de la penca la tuna *Opuntia Cochinelífera*, para la comprobación de su capacidad coagulante realizo pruebas de jarra, después del análisis de sus resultados concluye lo siguiente; se encontró que a las concentraciones de coagulante 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 cuanto a las pruebas de la Demanda Bioquímica del Oxígeno DBO₅ se puede ver diferencias, producto de la aplicación del coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada. En cuanto a la media aritmética de la Demanda Bioquímica del Oxígeno del antes y después del tratamiento hay una diferencia de 590,25; que denota una disminución del 28% promedio del DBO₅. Debemos afirmar que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 1407,00$) es aún mayor a los Valores Máximos Admisibles, pero se nota un disminución aceptable. Asimismo en cuanto al parámetro Demanda Química del Oxígeno DQO también se puede ver diferencias, producto de la aplicación del Coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada con una disminución del 26,64% del DQO, observando que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 2131,75$) aún supera a los Valores Máximos Admisibles, pero se nota un disminución aceptable. Por otro lado en cuanto al parámetro de Turbidez también se puede ver diferencias, producto de la aplicación del Coagulante de la *Opuntia ficus-indica* en la muestra tomada. En cuanto a la media aritmética de la Turbidez del antes y después del tratamiento hay una diferencia importante de 291.53; que denota una disminución del 91% promedio del Turbidez. Debemos afirmar que la media en la prueba tratada ($\bar{X} = 20,35$) representa una disminución sustancial que permite reafirmar que el producto de la muestra tratada ha disminuido la turbidez en las aguas residuales del efluente de la Avícola “La Chacra”. Estos resultados de la remoción de Solidos Suspendido Totales y otros parámetros denotan la eficiencia de la *Opuntia ficus-indica* como coagulante, así como menciona González, y otros (2015) (14) en su investigación titulada: “*Opuntia ficus-indica* y *Opuntia wentiana*: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua” que los resultados obtenidos indican que *O. ficus índica* (cruda) es más eficiente en la remoción de la turbidez y en la clarificación del agua y representa una alternativa viable para su aplicación a gran escala.

Por otro lado, en función de las Hipótesis específicas, la primera señala: El nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo supera los Valores máximos admisibles de sus vertimientos. Concluyendo que existe suficiente evidencia para comprobar que el nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo supera los Valores Máximos Admisibles de su efluente, tal como lo señala Quille G. y Donaires T. (2013) (16), en su investigación verificaron las aguas residuales del camal en el río Llave, contiene los índices de DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, sobrepasan los límites máximos permisibles para efluentes de camal.

En la segunda Hipótesis específica, se planteó la existencia de una diferencia en el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales y los parámetros de DBO₅, DQO y turbidez. Para esta evaluación se consideró los promedios de los parámetros. Demostrando a través de la prueba Post hoc que los parámetros de Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales sobrepasan el promedio de (53,34) de los parámetros, siendo la turbidez, el parámetro que resultó con mayor porcentaje promedio de remoción, seguido de los sólidos suspendidos totales SST con un 65% de remoción. Cuyos valores promedio de porcentaje en la remoción nos indica que el coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica*, reduce los SST. Según Jaimes (17) en su investigación “Eficiencia del Coagulante Natural *Opuntia ficus-indica*”, durante la prueba de jarras se logró una eficiencia de remoción de turbidez del 95%, de Sólidos Suspendidos Totales 57%, Demanda Química de Oxígeno 58% y de coliformes totales 44%, cuyos resultados se asemejan a los obtenidos en los parámetros Turbidez y SST.

Por último en la evaluación de la hipótesis general, con una prueba de diferencia de medias para muestras emparejadas y a un nivel de confianza del 95%, se demostró que existe suficiente evidencia para comprobar que el coagulante natural de la *Opuntia ficus-indica* influye en la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo. Superando el resultado obtenido por Jaimes (17) en su investigación “Eficiencia del Coagulante Natural *Opuntia ficus-indica*”, probado en agua residual doméstica donde obtuvo 57% de remoción de Sólidos Suspendidos Totales.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de la *Opuntia ficus-indica* a la muestra influyo en reducir los Solidos Suspendidos Totales en el efluente de la Avícola “La Chacra”, asimismo genero disminuciones favorables en los parámetros de DBO₅, DQO y en especial para Turbidez, siendo esta última también significativa, lo que permite que se reduzca los niveles de contaminación en el agua.
2. El nivel de contaminación por solidos suspendidos totales sobrepasó los valores máximos admisibles correspondiente, al igual que para los parámetros de Turbidez, DBO₅ Y DQO.
3. Durante la prueba de eficiencia se logró demostrar la diferencia en la reducción del promedio de los Solidos Suspendidos Totales en la muestra tratada de un 65% con la cual concluimos que la aplicación de *la Opuntia ficus-indica* como coagulantes es muy eficiente.
4. Del mismo modo en la investigación efectuada en la fase preliminar se obtuvo que la dosis optima del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* es 50 ml/L para este tipo de agua residual, cuya dosis al ser aplicada en el tipo de agua residual estudiada en la investigación influyo en la remoción de los sólidos suspendidos totales.

RECOMENDACIONES

1. La materia orgánica precipitada podría ser muy beneficioso y económico como materia prima dentro de un proceso de compostaje, para obtener un abono orgánico con altos nutrientes.
2. Esta investigación sirve de base para que otros autores, puedan complementar experimentos que mejoren más los parámetros del DBO₅ y DQO y así dar más aportaciones de mejora ambiental a nuestra región y el País.
3. Se recomienda para las siguientes investigaciones realizar pruebas a pH ácidos ya que en el presente estudio se realizó las pruebas a pH básicos dando resultados favorables en cuanto a los objetivos planteados.
4. Asimismo, realizar pruebas con el coagulante en polvo y verificar el rendimiento para el tratamiento del tipo de agua residual estudiada en esta investigación.
5. Recomiendo también realizar pruebas de caracterización identificando las propiedades de interés del coagulante.
6. Realizar investigaciones usando la *Opuntia ficus - indica* junto a otros coagulantes que ayuden a tener mayor eficiencia en la remoción de DBO₅ y DQO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Heredia Victoria, Ingrid Verónikha.** *Eficiencia de un Humedal Artificial con Arundo donax (Poaceae) para el tratamiento de aguas residuales domésticas UNCP - El Tambo.* Huancayo : TESIS, 2008.
2. **Vasquez Gonzales, Osvaldo.** *Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales.* Monterrey : s.n., 1994.
3. **UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.** *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: Aguas Residuales el recurso desaprovechado .* 2017. 978-92-3-300058-2.
4. **OEFA.** *Fiscalización Ambiental en efluentes industriales.* 2014.
5. **Anaya , Ilenia y Zegarra, Carmen.** *Análisis y propuesta al marco regulatorio de las descargas de aguas residuales no domésticas a las redes de alcantarillado.* Universidad del Pacífico - Escuela de Postgrado. 2015. Tesis.
6. **VIVIENDA, MINISTERIO DE.** *VALORES MAXIMOS ADMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS.* PERÚ : s.n., 2009.
7. **Junin, Gobierno Regional.** *Boletín de indicadores ambientales de la Región Junin.* 2010.
8. **Miller, Sarah, y otros.** *Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of Opuntia spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment.* 42, s.l. : Environ. Sci. Technol, 2008, págs. 4274 - 4279.
9. **Martinez, N.** *El proceso de ocupación en la cuenca del embalse la Mariposa y sus efectos de deterioro en el embalse y sus aguas.* Terra nueva etapa. 2000.
10. **Rivas Rossi, Marta.** *Cactáceas de Costa Rica.* 1998. págs. 17, 33.
11. **Quispe, Haydee.** *Aplicación del mucílago extraído de nopal (Opuntia ficus-indica) en la clarificación del agua del río Uchusuma .* Tacna : s.n., 2012.
12. **Arias Hoyo Arnol, Hernández Medina José Luis, Castro Valencia Andrés Fernando, Sánchez Peña Naly Efredis.** *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CENTRAL DE SACRIFICIO: USO DEL LA SEMILLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL.* 1, Marzo de 2017, págs. 29 - 39.

13. **Nabyarina, Almendárez de Quezada.** *Comprobacion de la efectividad del coagulante (Cochifloc) en aguas del lago de Managua "Piedras Azules".* 1, 2004, Revista Iberoamericana de Polímeros, Vol. 5.
14. **Yolis González, Lorena Fuentes, Iván Mendoza y Yaxcelys Caldera.** *Opuntia ficus-indica y Opuntia wentiana: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua.* 9, Julio - Diciembre de 2015, Revista Tecnocientífica URU.
15. **María Guadalupe Morales Rico; Fidel Pacheco García; Felipe Cervantes Miranda; Marco Antonio Landero Carrasco; Genoveva Rosano-Ortega.** PRUEBAS DE TRATABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL DEL RASTRO MUNICIPAL (Industrial de Abastos Puebla, IDAP). Puebla. México : s.n.
16. **Quille, Germán y Donaires, T.** *Tratamiento de Efluentes Líquidos y sólidos de Camal Municipal Ilave.* 1: 65 - 72, Ilave - Puno : s.n., 2013, Vol. 15.
17. **Jaimes Palacios, Norma Zenobia.** *Eficiencia del coagulante natural Opuntia ficus indica (L.) Miller con un sistema de filtración para la remoción de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua residual doméstica del Centro Urbano Hornillos, Ancash 2016.* Ancash : s.n., 2016.
18. **Torres Contreras, Vico.** *Análisis del coagulante natural opuntia ficus con fines de implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca, Apurímac.* Apurimac : s.n., 2016.
19. **Moreno Pérez, Sandy Celina.** *Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba utilizando Opuntia ficus indica, Aloe vera y Caesalpinia spinosa.* Cajabamba : s.n., 2016.
20. **Cayllahua Peña, Luís Ángel y Ricse Chuquillanqui, Ysalina Cleofé.** *Eliminación de Residuo Sólidos Orgánicos (Aceites y grasas) de aguas residuales por Electrocoagulación.* Huancayo : TESIS, 2007.
21. **Paucar Flores, Nadia Zulema.** *Estudio para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una Planta Textil utilizando Membranas.* Huancayo : MONOGRAFÍA, 2007.

22. **Castro Manrique, Paola Maria Luisa y Espinoza Matos, Belisa.** *Evaluación experimental de la biodegradación de la materia orgánica de las aguas residuales de una industria textil en un reactor biológico tipo filtro.* Huancayo : TESIS, 2006.
23. **Jingdong Zhang, Fang Zhang, Yuhong Luo, Hong Yang.** *A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment.* Marzo de 2016, Vol. 41, págs. 730 - 733.
24. **SaéNZ, R.** *Modernización y Avances en el Uso de Aguas Negras para el Irrigación INtercambio de Aguas Uso Urbano y Riego. Asesor de la División de Salud y Ambiente OPS/OMS. Riego y SALud.* s.f.
25. **Ramalho, R. S.** *Tratamiento de aguas residuales.* 2ª edición. Barcelona : Reverté, 1996.
26. **Postel, Sandra.** *La Batalla contra la escasez del Agua: La situación en el mundo 1993.* Madrid : Apotrofe, 1993.
27. **Jiménez Cisneros, Blanca.** *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada.* México : Limusa S.A Grupo Noriega Editores, 2001. 6042-X.
28. **Sánchez, Óscar, y otros, y otros.** *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México.* México : s.n.
29. **Mariano, S.** *Tratados de gestión del medio urbano.* España : Mundo - Prensa, 2001.
30. **Ramos, Raudel, Sepúlveda, Rubén y Villalobos, Francisco.** *El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis.* Baja California : s.n., 2002. págs. 93-94. 970-9051-62-8.
31. **Ruiz Ramírez , Doris.** *Método de estimación de Sólidos Suspendidos Totales como indicador de la calidad de agua mediante Imágenes satelitales.* Bogotá - Colombia : s.n., 2017.
32. **Eddy, Metcalf y.** *Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales.* 3ra. México : McGraw-Hill, 1998.
33. **Engineers.** *Design of municipal wastewater treatment plants .* Brattleboro : Book Press, 1992.
34. **Yolanda Ándia Cardenas.** *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, TRATAMIENTO DE AGUA FLOCULACIÓN - COAGULACIÓN.* Lima : s.n., 2000.

35. **Aguilar , M.I, y otros, y otros.** *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación - Floculación.* 2002. 84-8371-308-X.
36. **J, Romero.** *Calidad del Agua. Escuela Colombiana.* 2000. págs. 452 - 468.
37. **Okuda T, Baes A, Nishijima W, Okada M.** *Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution.* 405 - 410, 2001, Vol. 35.
38. **Cervantes Ramírez, Marta.** *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de Mexico.*
39. **SEDAPAL.** *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, TRATAMIENTO DE AGUA FLOCULACIÓN - COAGULACIÓN.* Lima : s.n., 2000.
40. **Pérez, José M.** *Estado de arte - Coagulación.* Lima : s.n., 1973.
41. **Ángel Villabona Ortiz y otros.** *Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural.* 2013. págs. 137 - 144.
42. **Yin, Chun-Yang.** *Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. Process Biochemistry.* 2010, Vol. 45, págs. 1437 - 1444.
43. **Rodríguez , Susana, García, Osnel y Muñoz, Rosario.** *Una solución factible para la clarificación de aguas para consumo humano. Noticias Técnicas del Laboratorio.* 2002, págs. 21-22.
44. **Lee, S.H., y otros, y otros.** *Microbial flocculant from Arcuadendron SP-49.* págs. 95-100. Vol. 17.
45. **Gilberto Salas C, Cesario Condorhuamán C.** 1, 2008, Per. Quím. Ing. Quím, Vol. 11, págs. 29 - 35.
46. **ANA, Autoridad Nacional del Agua -.** *Protocola nacional de monitoreo de agua.* Perú : s.n., 2016.
47. **CAN.** *Manual de Estadísticas Ambientales.* Santa Cruz de la Sierra : s.n., 2005. págs. 31 - 45.
48. **Hernandez, Roberto, Fernández , Carlos y Baptista, Pilar.** *Metodología de la investigación.* Mexico DF : McGraw-Hill, 2006. 970-10-5753-8.

49. **Oseda, y otros.** *Teoría y Práctica de la Investigación Científica.* Huancayo : s.n., 2016.
50. **Arroyo, Jacinto.** *¿Como ejecutar un plan de investigación?* Huancayo : Fundación para el desarrollo y aplicacion de las ciencias, 2012.
51. **Ministerio de la Producción.** R.M N° 061-2016-PRODUCE: "Protocolo para el Monitoreo de Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto. Lima : s.n., 2016.
52. **Rafael Enrique Olivero Verbel, Iván Dario Mercado Martínez, Luz Elena Montes Gaabón.** *Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucilago de nopal *Opuntia ficus-indica*.* 1, Enero - Junio de 2013, Vol. 8, págs. 19-27.
53. **Triola, Mario.** *Estadística.* 2004.
54. **Romalho.** *Tratamiento analítico de aguas servidas.* Santiago - Chile : s.n., 2001.

ANEXOS

ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: *Opuntia ficus-indica* COMO COAGULANTE NATURAL PARA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DEL EFLUENTE DE BENEFICIO EN AVÍCOLA LA CHACRA.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera el coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i> influye en la remoción de los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo - 2017?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el nivel de nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de 	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la influencia del coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i> en la remoción de los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar el nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La 	<p>HIPÓTESIS GENERAL El coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i> influye en la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo – 2017.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel de contaminación por sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo supera los Valores máximos admisibles de sus 	<p>VARIABLE DEPENDIENTE Remoción de los sólidos suspendidos totales.</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE Coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i></p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativa</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Pre experimental M: O₁ X O₂</p> <p>Donde: M : Muestra O₁ : Prueba de concentración de sólidos suspendidos totales antes del tratamiento. X : tratamiento del coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i>. O₂ : Prueba de concentración de sólidos suspendidos totales después del tratamiento.</p> <p>POBLACIÓN Aguas Residuales de la Avícola “La Chacra” de Huancayo.</p> <p>MUESTRA La muestra será tomada por muestras compuestas según la siguiente frecuencia: Frecuencia de Muestreo la frecuencia del monitoreo, que es el número de muestras que se tomarán en el punto</p>

<p>Huancayo - 2017?</p> <p>• ¿Cuál es el porcentaje de reducción de los sólidos suspendidos totales con el coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i> en el agua residual de la Avícola La Chacra en Huancayo - 2017?</p>	<p>Chacra de Huancayo - 2017.</p> <p>• Comparar el porcentaje de reducción de los sólidos suspendidos totales al emplear el coagulante natural de la <i>Opuntia ficus-indica</i> con los porcentajes de remoción obtenidos para los parámetros de turbidez, DBO5 y DQO en el agua residual de la avícola la Chacra en Huancayo - 2017.</p>	<p>vertimientos en Huancayo - 2017.</p> <p>• Existe diferencia en el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales y los parámetros de DBO₅, DQO y turbidez en Huancayo - 2017.</p>	<p>de desfogue final de los procesos generales de la Avícola “La Chacra”.</p> <p>Para la aplicación de la toma de muestras establecido para la investigación se tomarán 2 muestras compuestas de 4 litros semanalmente durante 1 mes de manera aleatoria, para evaluar los parámetros de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbiedad • SST • DBO₅ • DQO <p>MUESTREO No probabilístico</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Ficha de registro datos Cadena de custodia Turbidimetría</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS Estadística descriptiva e inferencial usando programas como el Excel y SPSS, la prueba estadística empleada fue” t-student”</p>
---	--	--	---

ANEXO 2 – CUADRO VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA)

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/ L	DBO ₅	500 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/ L	DQO	1000 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/ L	SST	500 mg/L
Aceites y Grasas (A y G)	mg/ L	A y G	100 mg/L

ANEXO 3 – RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA PRELIMINAR

Se realizaron pruebas para la determinación de la dosis óptima del coagulante, manejando también los valores de pH y RPM, de las cuales algunas de las pruebas se muestran a continuación:

Prueba 2			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez (UNT)	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
Control	6.2	104	Remoción (%)
40	9.5	29.8	71%
50	9.5	29.1	72%
60	9.5	31	70%
70	9.5	32.4	69%
Prueba 2 – duplicado			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez (UNT)	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
Control	6.2	104	Remoción (%)
50	8	70	33%
50	9	62	40%
50	10	44	58%
50	11	28	73%

Prueba 3			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
Control	6.2	138	Remoción
40	9.6	44	68%
50	9.6	42.7	69%
60	9.6	50	64%
80	9.6	52	62%
Prueba 4			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
control	6.2	138	Remoción
40	12.4	32	77%
50	12.4	31	78%
60	12.4	35.2	74%
80	12.4	37.9	73%

Prueba 5					
Dosis de Coagulante (ml)	pH	A. Rápida RPM 1 min	A. Lenta RPM 15 min	Turbidez	Remoción
Control	6.1			280	100%
50	12.5	80	30	10	96%
50	12.5	100	30	15.5	94%
50	12.5	150	30	28	90%
50	12.5	200	30	36	87%
50	12.5	300	300	49	83%
Prueba 6					
Dosis de Coagulante (ml)	pH	A. Rápida RPM 1 min	A. Lenta RPM 15 min	Turbidez	Remoción
Control	6.1			320	100%
30	12.5	100	30	65	80%
40	12.5	100	30	33	90%
50	12.5	100	30	22	93%
60	12.5	100	30	34	89%
70	12.5	100	30	48	85%

Prueba 7			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min) Remoción
Control		300	
70 ml	12.63	23.8	92%
50 ml	12.63	17.1	94%
40 ml	12.63	18.9	94%
Prueba 8			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min) Remoción
Control	6.1	204	
80 ml	12.63	37	82%
60 ml	12.63	19.8	90%
50 ml	12.63	18.6	91%
Prueba 9			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min) Remoción
Control	5.9	233	
50 ml	12.1	32	86%
50 ml	12.26	28.3	88%
50 ml	12.6	19.3	92%

Prueba 10			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
Control	6.1	143	Remoción
50 ml	12.03	27	81%
50 ml	12.44	22	85%
50 ml	12.68	15	90%
Prueba 11			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
Control		439	Remoción
40 ml	12.65	17.3	96%
40 ml	12.65	17	96%
50 ml	12.65	13	97%
50 ml	12.65	13.8	97%
Prueba 12			
Dosis de Coagulante (ml)	pH	Turbidez	RPM: 100 (1min) RPM: 30 (15min)
Control		318	Remoción
40 ml	12.66	25.6	92%
40 ml	12.66	25	92%
50 ml	12.66	23.5	93%
50 ml	12.66	23.4	93%

ANEXO 4 - RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE EFICIENCIA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO**



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : ROCIO GABINO CURIÑAHUI

MUESTRA : Agua residual	Nº DE REFERENCIA : 98- 2017
FUENTE : Avícola La Chacra	MUESTREADOR : Rocío Gabino Curíñahui
DISTRITO : Chilca	REGION : Junín
PROVINCIA : Huancayo	

METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF

ANALISIS FISICO:

METODO: MS-2540-D- Secado a 103°C- 105°C

Ensayo	Fechas	Muestras	
		Agua residual	Agua tratada
Sólidos suspendidos	19/10/2017	556,0 mg/L	267,0 mg/L
	20/10/2017	379,0 mg/L	172,0 mg/L
	25/10/2017	599,0 mg/L	184,0 mg/L
	26/10/2017	574,0 mg/L	241,0 mg/L
	27/10/2017	529,0 mg/L	208,0 mg/L
	06/11/2017	301,0 mg/L	164,0 mg/L
	07/11/2017	555,0 mg/L	183,0 mg/L
	08/11/2017	538,0 mg/L	173,0 mg/L

ANALISIS INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICA Y QUÍMICA:

METODOS: DQO MS-5220-D- Reflujo Cerrado Colorímetro

DBO₅ MS-5210-B- ROB 5 días

Ensayos	Fechas	Agua residual	Agua tratada
Demanda Química de Oxígeno	19/10/2017	3,237.0 mg/L	2,426.0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno		2,261.0 mg/L	1,688.0 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	26/10/2017	3,329.0 mg/L	2,050.0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno		2,315.0 mg/L	1,278.0 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	27/10/2017	2,842.0 mg/L	2,304.0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno		1,904.0 mg/L	1,602.0 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	08/11/2017	2,614.0 mg/L	1,983.0 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno		1,720.0 mg/L	1,285.0 mg/L

Huancayo, 21 de noviembre del 2017



Dr. Demetrio Salazar Mauricio
Responsable del LAQ

ANEXO 5 - FOTOS DEL TRABAJO REALIZADO



Visita a la Avicola La Chacra.



El encargado de turno explica los procesos desarrollados en la Avicola La Chacra.



Area de pelado mecanizado y manual en la Avicola La Chacra.



Tinas de lavado y selección por tamaño de los pollos en la Avicola La Chacra.



Rejas usadas para la retencion de solidos en la Avicola La Chacra.



Pozo de donde se extrajeron las muestras residual de beneficio de la Avicola la Chacra.



Turbidímetro.



Jar – Test.



Multiparametro.



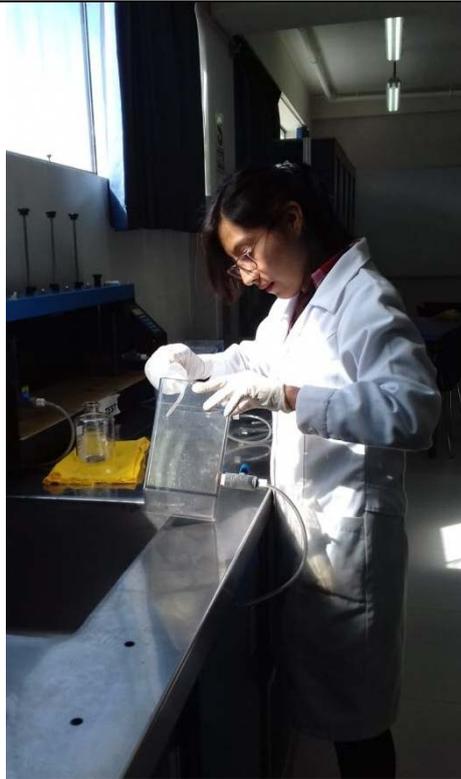
Estufa.



Balanza analítica.



Laboratorio I 302 – Universidad Continental.



Limpieza de los materiales de laboratorio para su uso en las pruebas.



Mediciones iniciales de Turbidez, pH, Temperatura.



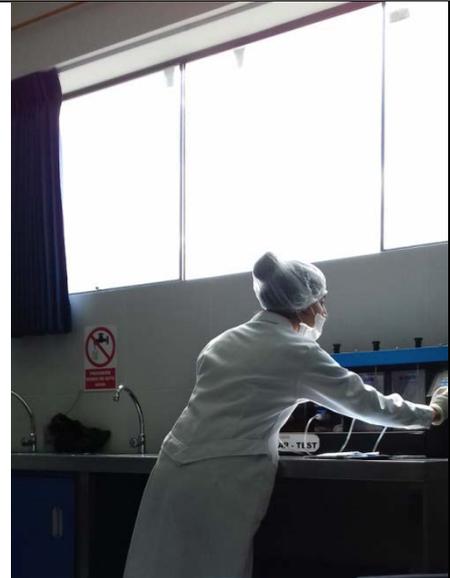
Filtrado del agua residual de beneficio para medir SST.



Papel filtro después del filtrado del agua residual de beneficio.



Muestras en las jarras para las pruebas.



Programación del equipo Jar Test.



Medición de las cantidades de coagulante *Opuntia ficus-indica*.



Diferentes dosis de coagulante *Opuntia ficus-indica*.



Proceso de coagulación – floculación.



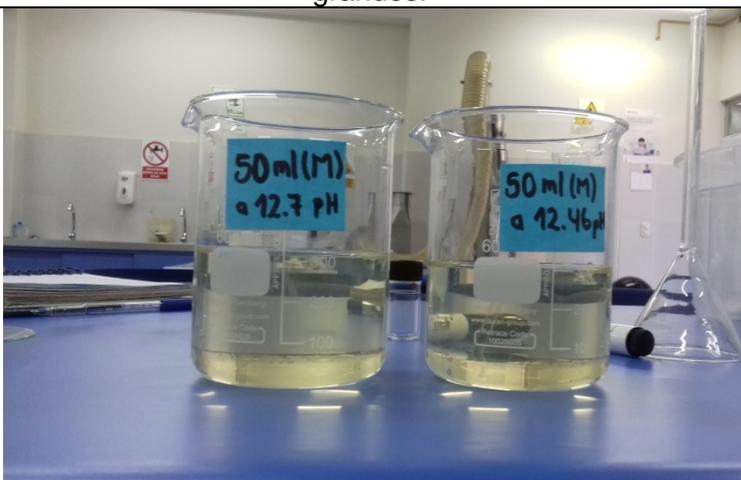
Se observa las muestras sometidas a diferentes dosis de coagulante natural después de la sedimentación.



Prueba a diferentes valores de pH, se observó que entre 12.5 a 12.7 los floculos formados son más grandes.



Proceso de sedimentación.



Resultado después del tratamiento.



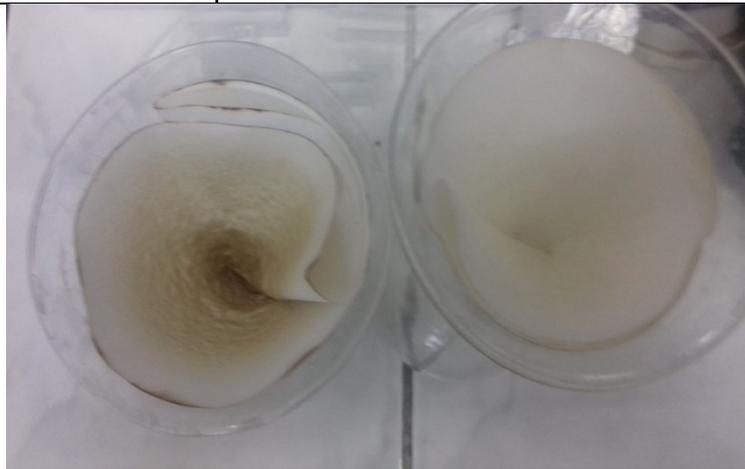
Lodo residual después de la sedimentación.



Medición de temperatura, pH, Turbidez del agua residual después de ser sometida al tratamiento.



Filtración del agua para medir los SST.



Filtros secos de la muestra control y tratada respectivamente.



Pesaje del filtro.



Etiquetado de muestras para el envío a laboratorio de la UNCP.

ANEXO 6 – CADENA DE CUSTODIA

CADENA DE CUSTODIA										
Nombre del Monitorista										
Lugar										
Estudio										
Item	Código de la muestra	Clasificación de agua	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Número y tipo de envase	Preservación de la muestra	Parámetros de análisis			
							SST	DBO5	DQO	Turbidez
Total de Muestras										
Observaciones						Firma del Monitorista				

AR: Agua residual, ANR: Agua natural de río, ANL: Agua natural de lago, etc./ EP: Envase de plástico, EV: Envase de vidrio
Fuente: Elaboración Propia.

CADENA DE CUSTODIA										
Nombre del Monitorista		Rocio Lizeth Gabino Curiñahui								
Lugar		Avícola la Chacra - Huancayo								
Estudio		Investigación: Opuntia ficus-indica como coagulante para la remoción de SST								
Item	Código de la muestra	Clasificación de agua	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Número y tipo de envase	Preservación de la muestra	Parámetros de análisis			
							SST	DBO5	DQO	Turbidez
01	MPE-01	AR	19-10-17	12:00 am - 1:30 am	EP	4°C	X	X	X	X
Total de Muestras		1 muestra compuesta								
Observaciones						Firma del Monitorista				
No se evidenció la presencia de precipitación, ni otras condiciones que puedan modificar las características de la muestra										

AR: Agua residual, ANR: Agua natural de río, ANL: Agua natural de lago, etc./ EP: Envase de plástico, EV: Envase de vidrio

ANEXO 7 – FICHA DE REGISTRO DE DATOS

FICHA DE DATOS			
Fecha:			
Muestra N°:			
Tratamiento:			
Mediciones previas		Mediciones Post-Tratamiento	
pH		pH	
Temperatura °C		Temperatura °C	
Turbidez UNT		Turbidez UNT	
SST mg/L		SST mg/L	
Cantidad de Coagulante (mg/L)		Agitación RPM	Lenta:
			Rápida:
Observaciones:			

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE DATOS			
Fecha:		27 de octubre de 2017	
Muestra N°:		MPE-05	
Tratamiento:		Aplicación del coagulante natural	
Mediciones previas		Mediciones Post-Tratamiento	
pH	6.5	pH	12.3
Temperatura °C	16.8°C	Temperatura °C	17.5°C
Turbidez UNT	436 UNT	Turbidez UNT	13.8 UNT
SST mg/L	—	SST mg/L	—
Cantidad de Coagulante (mg/L)	50 mg/L	Agitación RPM	Lenta: 30
			Rápida: 100
Observaciones:			
<p>Los resultados observados mostraron la validez de la conclusión de la prueba preliminar, no se mostraron anomalías al respecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se generó una buena cantidad de coágulos al añadir el coagulante y mezclarlo; al someter a la agitación lenta los flocs formados son de buen tamaño. - La sedimentación se dio prácticamente de manera instantánea (el tiempo fue entre 15-20 min) hasta. - A simple vista se evidenció (observo) el cambio en el color notoriamente. 			

ANEXO 8 – CONFORMIDAD DE USO DE LABORATORIO



“AÑO DEL DIÁLOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL”

Conformidad de uso de laboratorios de la
Universidad Continental con fines de
investigación.

Ing. Carmen Rosa Torres Cáceres.
Encargada de los Laboratorios de Ciencias Básicas.
Universidad Continental.

Es grato dirigirme a su persona para saludarla cordialmente y exponerle le siguiente:

Con la finalidad de sostener la validez respecto del análisis de las muestras correspondientes a la investigación realizada por mi persona, como Tesis de grado titulada **“OPUNTIA FICUS-INDICA COMO COAGULANTE NATURAL PARA LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DEL EFLUENTE DE BENEFICIO EN AVÍCOLA LA CHACRA”**, le solicito dar el visto bueno a la presente como evidencia objetiva de su parte que daría soporte adecuado a la validez mencionada.

Desde ya quedo agradecida por el tiempo concedido, como evidencia de la finalización de mi investigación (parte experimental) se muestra en la presente el visto bueno de mi Asesor: Ing. Anieval Peña Rojas.

13 de Septiembre de 2018.

Atte.

Bach. Rocío Gabino Curiñahui

DNI 46828348

Bach. Rocío Gabino Investigadora	Ing. Anieval Peña Rojas Asesor de Tesis	 Carmen Torres Cáceres Jefa de Laboratorios de Ciencias Básicas Ing. Carmen Torres Encargada de Laboratorios de Ciencias Básicas.